

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
ИНСТИТУТ ХИМИИ им. В.И. НИКИТИНА

На правах рукописи

УДК 620.197:669.017



ИБРОХИМОВ Пайрав Рустамович

АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ОКИСЛЕНИЕ
ЦИНКОВОГО СПЛАВА $Zn_{0.5}Al$, ЛЕГИРОВАННОГО
ХРОМОМ, МАРГАНЦЕМ И МОЛИБДЕНОМ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальностям
05.17.03 – Технология электрохимических процессов
и защита от коррозии,
05.02.01 – Материаловедение (в машиностроении)

Душанбе – 2020

Диссертация выполнена в лаборатории «Коррозионностойкие материалы» Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана.

Научный руководитель: доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана
Обидов Зиёдулло Рахматович

Научный консультант: доктор химических наук, профессор, академик НАНТ, руководитель центра «Материаловедения и машиностроения» Института «Политехник» Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими
Ганиев Изатулло Наврузович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, директор филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной академии наук Таджикистана в городе Бустон
Назаров Холмурод Марипович

кандидат технических наук, доцент, декан факультета механизации сельского хозяйства Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемура
Мирзоев Шамсулло Изатович

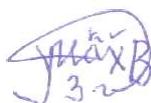
Ведущая организация: кафедра высокомолекулярных соединений и химической технологии Таджикского национального университета

Защита состоится 25 января 2021 года в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 6Д.КОА-007 при Институте химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана по адресу: 734063, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2. E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана www.chemistry.tj

Автореферат разослан «___» _____ 2020 года

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат химических наук



Махкамов Х.К.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Борьба с коррозией начинается с подбора материала для создаваемого изделия. Требования к коррозионной стойкости материала могут меняться в широких пределах в зависимости от назначения изделия, условий его эксплуатации и планируемого срока службы. Такой подход следует использовать и при выборе защитных покрытий. Может оказаться, например, что для защиты изделия с ограниченным сроком службы экономически более выгодно использовать дешевое покрытие с тем, чтобы задержать развитие коррозии изделия.

Необходимость проведения исследования. Действительно, почти половина всего мирового потребления цинка приходится на долю покрытий для защиты углеродистых стальных изделий, эксплуатируемых в атмосфере и в воде. В практике защиты от коррозии стального полуфабриката на сегодняшнее время используют цинк-алюминиевые покрытия типа «гальфан» (Zn5Al, Zn55Al) и «гальвалюм» (Zn55Al-1.6Si) в различных агрессивных средах. Поэтому, актуальность исследования определяется необходимостью изучения процессов взаимодействия металлических сплавов с газообразными и агрессивными средами при повышенных температурах и поиска эффективных способов защиты стальных материалов от коррозии.

Степень изученности научной проблемы. К группе широко применяемых коррозионностойких сплавов относятся цинковые сплавы с различными легирующими добавками. В связи с этим, в данном исследовании сосредоточено на эвтектоидном цинковом сплаве Zn0.5Al путём введения в его состав, отдельно легирующего компонента – хрома, марганца и молибдена с целью разработки новых анодных защитных покрытий и литых протекторов, повышения коррозионной стойкости и продления срока службы углеродистых стальных конструкций, изделий и сооружений.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования является изучение анодного поведения и окисления цинкового сплава Zn0.5Al, легированного хромом, марганцем и молибденом в различных коррозионных средах и разработка оптимального состава образцов сплавов, которые предназначены в качестве анодных покрытий и литых протекторов для защиты углеродистых стальных изделий, конструкций и сооружений от коррозионного или эрозионного разрушения.

Объекты исследования: цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и его лигатуры с хромом (марки ХЧ), марганцем и молибденом (марок МЧ) (по 2% Cr, Mn, Mo).

Предметом исследования являлся цинковый сплав Zn0.5Al, легированный хромом, марганцем и молибденом различной концентрации.

Задачи исследования:

- исследование закономерности изменения коррозионно-электрохимических

характеристик цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного хромом, марганцем и молибденом, в кислых, нейтральных и щелочных средах различной концентрации от pH среды;

- изучение влияния легирующих добавок хрома, марганца и молибдена на микроструктуру цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$;
- исследование закономерности изменения кинетических и энергетических параметров процесса окисления исследуемых сплавов в твёрдом состоянии, в воздушной среде;
- определение фазовых составов продуктов окисления указанных сплавов и установление их роли в механизме коррозионного процесса;
- оптимизация состава тройных сплавов на основе установления их структуры, коррозионно-электрохимических и физико-химических свойств и определение возможных областей их использования.

Методы исследования. Исследование анодного поведения и окисления сплавов проводились микрорентгеноспектральным, потенциостатическим, металлографическим, рентгенофазовым и термогравиметрическим методами.

Отраслям исследования является материаловедения и технология синтеза новых анодных и протекторных сплавов на основе цинка для защиты углеродистых стальных изделий от коррозионного разрушения.

Этапы исследования: синтез сплава $Zn_{0.5}Al$ с хромом, марганцем и молибденом различной концентрации; изучение их коррозионно-электрохимических и физико-химических характеристик; исследование микроструктуры и продукты коррозии исследованных сплавов.

Основная информационная и экспериментальная база. Исследования выполнены с помощью современных приборов: сканирующего электронного микроскопа SEM серии AIS 2100; импульсной потенциостат ПИ-50.1.1; металлографического микроскопа ERGOLUX AMC; термогравиметрических весов и прибора ДРОН-3.0.

Достоверность диссертационных результатов. Достоверность результатов исследований обеспечена современными методами исследований и приборов, качественным соответствием полученных диссертационных результатов с имеющимися в литературе экспериментальными данными и теоретическими представлениями. Математическая и статистическая обработка экспериментальных результатов выполнялась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Научная новизна исследования. Потенциостатическим методом в потенциодинамическом режиме со скоростью развёртки потенциала 2мВ/с в кислых, нейтральных и щелочных средах различной концентрации от pH среды установлено, что добавки хрома, марганца и молибдена в пределах 0.01-0.1 мас.% в 2–3 раза повышают коррозионную стойкость цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, используемые при анодной и протекторной защите от коррозии

изделия и конструкция из углеродистой стали. При этом наблюдается смещение потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации сплавов в область отрицательных значений, особенно в кислых и щелочных средах. Далее, смещение коррозионно-электрохимических потенциалов в сторону положительных значений имеет место в нейтральной среде для сплавов с хромом. При переходе от легированных хромом сплавов к сплавам с молибденом, далее к сплавам с марганцем скорость коррозии сплавов несколько растёт, соответственно в кислых и нейтральных средах. Рост повышения коррозионной стойкости цинкового сплава Zn0.5Al при легировании его третьим компонентом в щелочной среде происходит по схеме перехода от легированных марганцем сплавов к сплавам с хромом, далее к сплавам с молибденом. Сравнение характеристик цинкового сплава Zn0.5Al, обработанного элементом из числа переходных металлов показывает, что сплавы с хромом и молибденом характеризуются более мелкой структурой, чем сплавы с марганцем. Следовательно, введения добавок хрома и молибдена в составе цинкового сплава Zn0.5Al более эффективны в плане разработки новых анодных защитных покрытий и литых протекторов.

Термогравиметрическим методом показано, что механизм окисления сплавов систем Zn0.5Al-Cr (Mn, Mo), в твёрдом состоянии подчиняются формально-кинетическому закону роста оксидной защитной плёнки – гиперболе. С повышением температуры и содержания хрома и молибдена (0.01-0.1 мас.%) в цинковом сплаве Zn0.5Al окисляемость сплавов заметно уменьшается. Истинная скорость окисления сплавов имеет порядок 10^{-4} (кг·м⁻²·с⁻¹). Добавки марганца в пределах изученной концентрации (0.01-1.0 мас.%) несколько повышает окисляемость цинкового сплава Zn0.5Al. Эффективная энергия активации процесса окисления сплавов (в диапазоне изученной концентрации) при переходе от сплавов с марганцем к сплавам с молибденом, далее к сплавам с хромом увеличивается.

Методом рентгенофазового анализа установлен фазовый состав продуктов окисления цинкового сплава Zn0.5Al, содержащего хрома, марганца и молибдена, и их роль в механизме коррозионного процесса. Определено, что продукты окисления исследованных сплавов состоят из смеси защитных оксидных плёнок – ZnO, Al₂O₃, Cr₂O₃, Mn₂O₃, Mo₂O₃, ZnO·Cr₂O₃ и ZnO·Mo₂O₃.

Теоретическая ценность исследования. В диссертации изложены теоретические аспекты исследований: доказательства влияния структуры, фазового состава, зависимость температуры, коррозионной среды и концентрации легирующих добавок на анодное поведение и окисление цинкового сплава Zn0.5Al; закономерности изменения параметров высокотемпературной и электрохимической коррозии цинкового сплава Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом.

Практическая ценность исследования. На основании выполненных коррозионных исследований установлены оптимальные концентрации хрома, марганца и молибдена в цинковом сплаве Zn0.5Al, отличающихся высокой коррозионной стойкостью. Разработанные оптимальные составы новых анодных защитных сплавных покрытий защищены малым патентом Республики Таджикистан ТЖ № 1028. Сплавы рекомендуются как эффективных анодных покрытий и литых протекторов для защиты изделий, сооружений и конструкций из углеродистой стали от коррозионно-эрозионного разрушения.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты микрорентгеноспектрального анализа и микроструктуры цинкового сплава Zn0.5Al, легированного хромом, марганцем и молибденом;
- результаты исследования влияние легирующей добавки хрома, марганца и молибдена на анодное поведение цинкового сплава Zn0.5Al, в кислых, нейтральных и щелочных средах различной концентрации от рН среды;
- результаты исследования кинетики окисления цинкового сплава Zn0.5Al, легированного хромом, марганцем и молибденом, в твёрдом состоянии, в воздушной среде;
- результаты рентгенофазового анализа продуктов высокотемпературной коррозии цинкового сплава Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задачи исследования, проведение анализа литературных данных по теме диссертации, интерпретация и обработке экспериментальных результатов исследований, формулировке выводы диссертации. Все экспериментальные данные, включенные в диссертацию, получены лично соискателем или при его непосредственном участии, оформлены в виде публикаций.

Апробация диссертации и информация об использовании её результатов. Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на следующих конференциях: Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых». Горно-металлургический институт Таджикистана (Бустон, 2019); Респ. науч.-практ. конф. «Современное состояние химической науки и использование ее достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан» - XV Нумановские чтения. Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2019); Конф. Чумх. илмй-амалии «Муаммоҳои физикаи муосир дар раванди саноатикунонии Чумхурии Тоҷикистон». Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи акад. Б. Гафуров (Хучанд, 2020); Респ. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы естественных наук и технологий». Российско-Таджикский (Славянский) университет (Душанбе, 2020).

Опубликование результатов диссертации. По теме диссертации опубликованы 8 научных статей, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан –

«Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук», «Журнал физической химии» (Scopus), 4 статьи в материалах международных и республиканских конференций и получен 1 малый патент Республики Таджикистан (ТJ № 1028) на составы разработанных сплавов.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общая характеристика работы, обзора литературы, трёх глав, заключение, списка литературы и приложения. Диссертация изложена на 136 страницах компьютерного набора, включая 34 таблицы, 51 рисунок и 126 наименование литературных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложены предпосылки и основные проблемы исследования, обоснована актуальность работы.

В первой главе «Коррозионное поведение цинка и цинк-алюминиевых сплавов в различных средах» приведен анализ имеющихся литературных данных по коррозионной стойкости цинка в различных средах; анодное поведение цинк-алюминиевых сплавов в кислых, нейтральных и щелочных средах; высокотемпературная и электрохимическая коррозия цинка и цинк-алюминиевых сплавов.

Обсуждение обзора литературы указывает на том, что химические и электрохимические коррозионные характеристики металлов и сплавов играют очень важную роль в машиностроении, гальванотехнике и ряд других отраслей промышленности. В этом плане, цинк-алюминиевые сплавы, так называемые «гальфан» и «гальвалюм» широко применяются в гальванотехнике, машиностроении и металлургии в качестве анодных защитных покрытий и литых протекторов при анодной защите металлических и стальных материалов от коррозионно-эрозионного разрушения.

Таким образом, все вышесказанное подчеркивает важность изучения механизма коррозионного процесса промышленного сплава из семейств гальфановых защитных покрытий и поиска эффективных способов защиты стальных материалов от коррозии. В указанном аспекте актуальным является исследование анодного поведения и окисления цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного хромом, марганцем и молибденом с целью разработки анодных покрытий и литых протекторов для защиты различных изделий, сооружений и конструкций из углеродистой стали от коррозионно-эрозионного разрушения.

ГЛАВА 2. АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЦИНКОВОГО СПЛАВА $Zn_{0.5}Al$, ЛЕГИРОВАННОГО ХРОМОМ, МАРГАНЦЕМ И МОЛИБДЕНОМ, В КИСЛЫХ, НЕЙТРАЛЬНЫХ И ЩЕЛОЧНЫХ СРЕДАХ

Целью исследований электрохимической коррозии сплавов является оценка их коррозионной стойкости в различных электролитах и возможное

влияние на эту стойкость различных факторов, установление механизма коррозионного процесса, определение коррозионно-электрохимических параметров и выявление контролирующего фактора.

Сплавы для исследования были синтезированы в печи электрического сопротивления типа СШОЛ в интервале температур 700÷850°С. Химический состав сплавов контролировался микрорентгеноспектральным анализом на сканирующем электронном микроскопе SEM (AIS 2100). Из полученных сплавов отливали в графитовую изложницу образцы диаметром 8 мм и длиной 140 мм. Перед погружением сплава в рабочий раствор его торцевую часть зачищали наждачной бумагой, полировали, обезжиривали, промывали спиртом и затем погружали в электролитах HCl, NaCl и NaOH. Температура электролита в ячейке поддерживали постоянно 20°С с помощью термостата МЛШ-8.

Потенциостатическое исследование анодного поведения цинкового сплава Zn0.5Al, легированного хромом, марганцем и молибденом проводилось в кислых (pH=1: 0.1н, 2: 0.01н, 3: 0.001н), нейтральных (pH=7: 3%, 0.3%, 0.03%) и щелочных (pH=10: 0.001н, 11: 0.01н, 12: 0.1н) средах электролитов HCl, NaCl и NaOH, в потенциодинамическом режиме со скоростью развёртки потенциала 2мВ/с на потенциостате ПИ-50.1.1. В качестве электрода сравнения использовали хлоридсеребряный (х.с.э.), вспомогательным – платиновый.

Результаты исследования показывают, что потенциал свободной коррозии ($-E_{\text{св.корр.}}$, В), как для цинкового сплава Zn0.5Al, так и для легированных хромом, марганцем и молибденом сплавов (на примере хром, таблица 1), во времени смещается в положительную область, по мере выдержки в кислых, нейтральных и щелочных средах. Зафиксировано, что формирование защитного оксидного слоя завершается к 30-40 минут от начала погружения образцов сплавов в растворе электролита. С ростом концентрации хрома (0.01-0.1 мас.%) в цинковом сплаве Zn0.5Al наблюдается смещение потенциала свободной коррозии в положительную область значений, в нейтральной среде. Добавки хрома в пределах изученной концентрации способствуют смещению потенциала свободной коррозии цинкового сплава Zn0.5Al в области отрицательных значений, в кислой и щелочной средах (таблица 1).

При потенциостатических исследованиях образцы потенциодинамически поляризовали в положительном направлении от стационарного потенциала, установившегося при погружении в электролите до резкого возрастания тока в результате питтингообразования (рисунок 1, кривая I). Затем образцы поляризовали в обратном направлении до потенциала – 1300 В (рисунок 1, кривые II, III). Наконец, образцы поляризовали в положительном направлении (рисунок 1, кривая IV), получив поляризационные кривые вышеуказанных сплавов (на примере сплава Zn0.5Al с хромом, рисунок 1), далее по анодным кривым определяли электрохимические потенциалы исследуемых сплавов.

Таблица 1 – Изменение потенциала свободной коррозии ($-E_{\text{св.кор.}}$, В) цинкового сплава Zn0.5Al с хромом во времени, в кислой, нейтральной и щелочной средах

Среда	Добавки Cr в сплаве, мас. %	Время, мин							
		1/3	2/3	1	5	15	30-40	45	60
0.01н HCl	0.0	1.123	1.122	1.117	1.115	1.111	1.110	1.110	1.110
	0.01	1.149	1.147	1.143	1.141	1.136	1.135	1.135	1.135
	0.05	1.169	1.167	1.159	1.157	1.152	1.150	1.150	1.150
	0.1	1.188	1.187	1.182	1.181	1.175	1.173	1.173	1.173
	0.5	1.211	1.211	1.205	1.200	1.196	1.195	1.195	1.195
	1.0	1.217	1.216	1.214	1.211	1.208	1.207	1.207	1.207
0.3% NaCl	0.0	1.021	1.019	1.017	1.015	1.010	1.007	1.007	1.007
	0.01	0.994	0.993	0.992	0.989	0.985	0.983	0.983	0.983
	0.05	0.987	0.985	0.985	0.980	0.977	0.975	0.975	0.975
	0.1	0.973	0.972	0.970	0.969	0.964	0.960	0.960	0.960
	0.5	1.025	1.026	1.023	1.021	1.017	1.013	1.013	1.013
	1.0	1.041	1.041	1.038	1.035	1.031	1.025	1.025	1.025
0.01н NaOH	0.0	1.056	1.055	1.050	1.050	1.049	1.048	1.048	1.048
	0.01	1.071	1.071	1.070	1.069	1.069	1.068	1.068	1.068
	0.05	1.098	1.097	1.097	1.097	1.094	1.093	1.093	1.093
	0.1	1.114	1.112	1.112	1.109	1.197	1.107	1.107	1.107
	0.5	1.153	1.152	1.148	1.144	1.138	1.134	1.134	1.134
	1.0	1.174	1.172	1.171	1.170	1.168	1.165	1.165	1.165

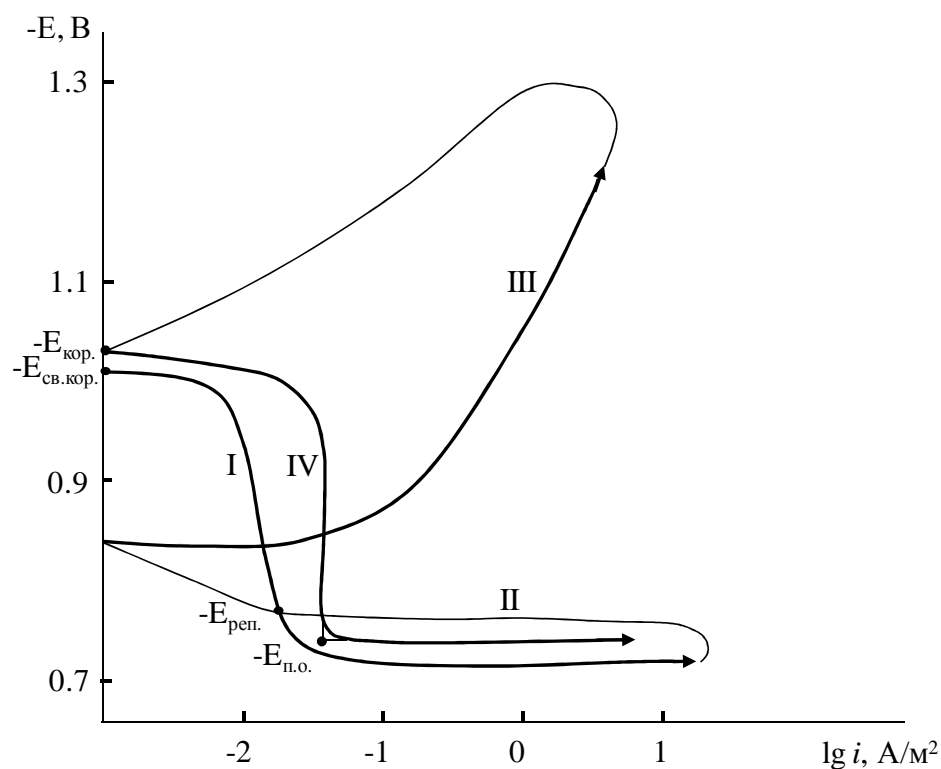


Рисунок 1 – Потенциодинамические (2мВ/с) анодные и катодные поляризационные кривые цинкового сплава Zn0.5Al, содержащего 0.1 мас.% хрома, в среде 3%-ного электролита NaCl

Анодные ветви потенциодинамических поляризационных кривых исследованных сплавов, на примере цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ с хромом показывают как активную область растворения, так и пассивное состояние, что в целом характеризуют их коррозионную стойкость в различных средах (рисунок 2). Положительное влияние хрома на анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$ не может объясняться только ростом истинной поверхности анода или уплотнением защитного фазового слоя оксидов малорастворимыми продуктами коррозии. Стойкость цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ также зависит от изменения и модифицирования его структуры при легировании третьим компонентом.

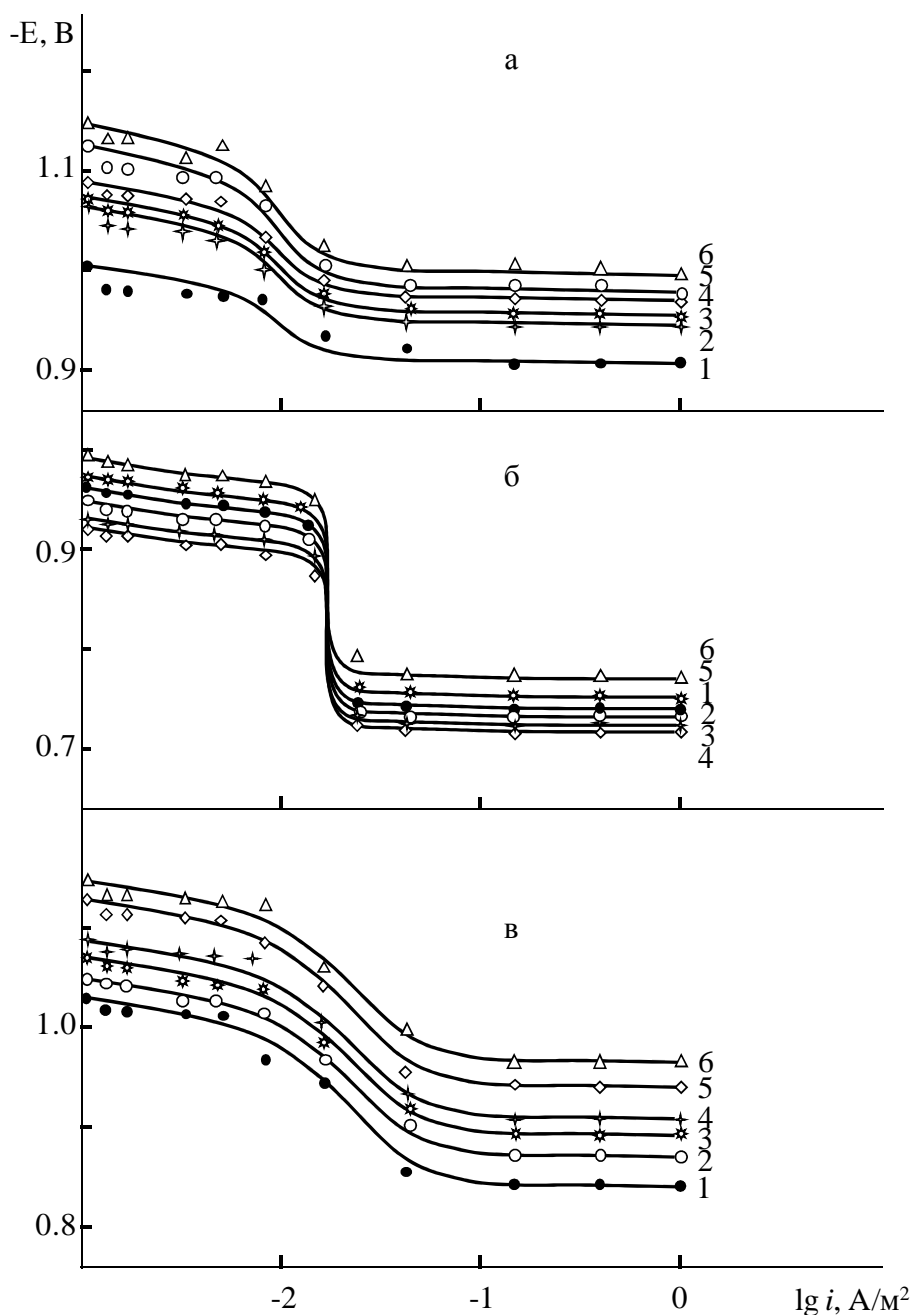


Рисунок 2 – Анодные ветви потенциодинамических (2мВ/с) поляризационных кривых цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$ (1), содержащего хром, мас. %: 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5); 1.0 (6), в средах электролитов 0.001н HCl (а), 0.03% NaCl (б) и 0.001н NaOH (в)

Легирование цинкового сплава Zn0.5Al с хромом в пределах концентрации (0.01-0.1 мас.%) способствует смещению потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации в положительную область, в нейтральной среде. Повышение концентрации кислых и щелочных электролитов значительно влияет на коррозионно-электрохимические характеристики цинкового сплава Zn0.5Al с различным содержанием хрома. При этом потенциалы коррозии, питтингообразования и репассивации исследованных сплавов последовательно смещаются в область отрицательных значений. Данная зависимость имеет место в кислых, нейтральных и щелочных средах (таблица 2).

Таблица 2 – Коррозионно-электрохимические характеристики цинкового сплава Zn0.5Al с хромом, в кислой, нейтральной и щелочной средах

Среда	Добавки Cr в сплаве, мас.%	Электрохимические потенциалы, В (х.с.э.)				Скорость коррозии	
		$-E_{св.кор.}$	$-E_{корр.}$	$-E_{п.о.}$	$-E_{реп.}$	$i_{корр.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$
						A/m^2	$г/м^2 \cdot ч$
0.01Н HCl	0.0	1.110	1.118	0.980	0.995	0.154	1.87
	0.01	1.135	1.141	1.012	1.022	0.062	0.75
	0.05	1.150	1.152	1.018	1.027	0.063	0.77
	0.1	1.173	1.180	1.028	1.033	0.076	0.93
	0.5	1.195	1.200	1.041	1.047	0.086	1.02
	1.0	1.207	1.215	1.056	1.063	0.091	1.11
0.3% NaCl	0.0	1.007	1.016	0.760	0.766	0.050	0.61
	0.01	0.983	0.990	0.748	0.757	0.018	0.22
	0.05	0.975	0.978	0.740	0.743	0.016	0.20
	0.1	0.960	0.960	0.928	0.933	0.022	0.26
	0.5	1.013	1.018	0.775	0.781	0.029	0.35
	1.0	1.025	1.032	0.785	0.790	0.030	0.36
0.01Н NaOH	0.0	1.048	1.058	0.892	0.900	0.127	1.55
	0.01	1.068	1.070	0.902	0.907	0.052	0.63
	0.05	1.093	1.105	0.922	0.937	0.055	0.67
	0.1	1.107	1.112	0.963	0.972	0.066	0.80
	0.5	1.134	1.146	1.041	1.057	0.070	0.85
	1.0	1.165	1.170	1.066	1.073	0.073	0.89

Потенциалы свободной коррозии и питтингообразования исследованных сплавов по мере роста концентрации хрома, марганца и молибдена (до 1.0 мас.%) в цинковом сплаве Zn0.5Al смещаются в отрицательную область, в кислых и щелочных средах. Добавки хрома и молибдена (0.01-0.5 мас.%) способствуют смещению данных потенциалов цинкового сплава Zn0.5Al в области положительных значений, в нейтральной среде. При переходе от сплавов с марганцем к хрому потенциалы свободной коррозии и питтингообразования сплавов уменьшаются в кислых, нейтральных и щелочных средах, а к сплавам с молибденом снова растут (таблицы 3-5).

Таблица 3 – Потенциалы (х.с.э.) свободной коррозии и питтингообразования цинкового сплава Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом, в кислой среде

Среда	Добавки Cr в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{по.}	Добавки Mn в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{по.}	Добавки Mo в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{по.}
		B			B			B	
0.001н HCl	0.0	1.045	0.912	0.0	1.045	0.912	0.0	1.045	0.912
	0.01	1.068	0.949	0.01	1.076	0.960	0.01	1.057	0.928
	0.1	1.091	0.970	0.1	1.103	0.981	0.1	1.079	0.952
	0.5	1.113	0.978	0.5	1.121	0.995	0.5	1.093	0.968
	1.0	1.135	0.987	1.0	1.145	1.007	1.0	1.108	0.975
0.01н HCl	0.0	1.110	0.980	0.0	1.110	0.980	0.0	1.110	0.980
	0.01	1.135	1.012	0.01	1.146	1.020	0.01	1.124	0.992
	0.1	1.173	1.028	0.1	1.183	1.041	0.1	1.147	1.010
	0.5	1.195	1.041	0.5	1.200	1.050	0.5	1.165	1.018
	1.0	1.207	1.056	1.0	1.217	1.066	1.0	1.174	1.026
0.1н HCl	0.0	1.190	1.030	0.0	1.190	1.030	0.0	1.190	1.030
	0.01	1.226	1.063	0.01	1.237	1.070	0.01	1.204	1.040
	0.1	1.245	1.073	0.1	1.255	1.083	0.1	1.215	1.053
	0.5	1.261	1.088	0.5	1.281	1.098	0.5	1.237	1.068
	1.0	1.265	1.090	1.0	1.290	1.005	1.0	1.244	1.075

Таблица 4 – Потенциалы (х.с.э.) свободной коррозии и питтингообразования сплава Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом, в нейтральной среде

Среда	Добавки Cr в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{по.}	Добавки Mn в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{по.}	Добавки Mo в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{по.}
		B			B			B	
0.03% NaCl	0.0	0.960	0.745	0.0	0.960	0.745	0.0	0.960	0.745
	0.01	0.945	0.737	0.01	0.975	0.755	0.01	0.922	0.738
	0.1	0.915	0.721	0.1	0.998	0.774	0.1	0.900	0.700
	0.5	0.970	0.755	0.5	1.005	0.786	0.5	0.953	0.740
	1.0	0.985	0.770	1.0	1.012	0.795	1.0	0.957	0.742
0.3% NaCl	0.0	1.007	0.760	0.0	1.007	0.760	0.0	1.007	0.760
	0.01	0.983	0.748	0.01	1.017	0.775	0.01	0.980	0.752
	0.1	0.960	0.928	0.1	1.037	0.797	0.1	0.935	0.745
	0.5	1.013	0.775	0.5	1.043	0.807	0.5	0.989	0.760
	1.0	1.025	0.785	1.0	1.055	0.815	1.0	1.000	0.770
3% NaCl	0.0	1.070	0.779	0.0	1.070	0.779	0.0	1.070	0.779
	0.01	1.033	0.765	0.01	1.085	0.791	0.01	1.039	0.764
	0.1	1.010	0.740	0.1	1.105	0.805	0.1	0.991	0.718
	0.5	1.073	0.785	0.5	1.113	0.811	0.5	1.058	0.805
	1.0	1.086	0.795	1.0	1.127	0.820	1.0	1.063	0.820

Таблица 5 – Потенциалы (х.с.э.) свободной коррозии и питтингообразования цинкового сплава Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом, в щелочной среде

Среда	Добавки Cr в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{п.о.}	Добавки Mn в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{п.о.}	Добавки Mo в сплаве, мас. %	-E _{св.кор.}	-E _{п.о.}
		B			B			B	
0.001н NaOH	0.0	1.025	0.845	0.0	1.025	0.845	0.0	1.025	0.845
	0.01	1.042	0.871	0.01	1.058	0.887	0.01	1.034	0.863
	0.05	1.060	0.895	0.05	1.076	0.911	0.05	1.052	0.887
	0.1	1.085	0.910	0.1	1.101	0.926	0.1	1.077	0.902
	0.5	1.114	0.942	0.5	1.130	0.958	0.5	1.106	0.934
	1.0	1.137	0.963	1.0	1.153	0.979	1.0	1.129	0.955
0.01н NaOH	0.0	1.048	0.892	0.0	1.048	0.892	0.0	1.048	0.892
	0.01	1.068	0.902	0.01	1.084	1.008	0.01	1.060	0.900
	0.05	1.093	0.922	0.05	1.009	0.938	0.05	1.085	0.914
	0.1	1.107	0.963	0.1	1.123	0.979	0.1	1.099	0.955
	0.5	1.134	1.041	0.5	1.150	1.057	0.5	1.126	1.032
	1.0	1.165	1.066	1.0	1.181	1.082	1.0	1.157	1.058
0.1н NaOH	0.0	1.210	0.920	0.0	1.210	0.920	0.0	1.210	0.920
	0.01	1.218	0.938	0.01	1.234	0.954	0.01	1.215	0.930
	0.05	1.222	0.985	0.05	1.238	1.001	0.05	1.219	0.967
	0.1	1.245	1.017	0.1	1.261	1.033	0.1	1.238	0.989
	0.5	1.277	1.097	0.5	1.293	1.013	0.5	1.269	1.000
	1.0	1.284	1.121	1.0	1.300	1.137	1.0	1.276	1.110

Легирующие добавки (0.01-0.1 мас.%) хрома, марганца и молибдена уменьшают скорость коррозии цинкового сплава Zn0.5Al в 2-3 раза, в кислых, нейтральных и щелочных средах при различных значениях pH среды. Повышение концентрации хлорид и гидроксид-иона в электролитах HCl и NaOH приводят к росту скорости коррозии анодных сплавов. Результаты исследования влияния pH среды на скорость коррозии исследованных сплавов свидетельствуют, что при переходе от легированных хромом сплавов к сплавам с марганцем сначала несколько повышается скорость коррозии, затем к сплавам с молибденом эта величина снова уменьшается. Минимальное значение скорости коррозии сплава Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом зафиксированы в диапазоне pH = 3÷10 (рисунок 3). Полученная зависимость хорошо согласуется с изменениями микроструктуры цинкового сплава Zn0.5Al с различным содержанием хрома, марганца и молибдена, снятые на современном микроскопе ERGOLUX AMC при ×500 (рисунок 4).

Исследование микроструктуры полученных образцов сплавов показало, что добавки хрома, марганца и молибдена оказывают модифицирующее

воздействие на структуру цинкового сплава Zn0.5Al, приводящее к снижению размера зёрен твердых растворов Zn в Al (α -Al) и Al в Zn (γ -Zn) (рисунок 4).

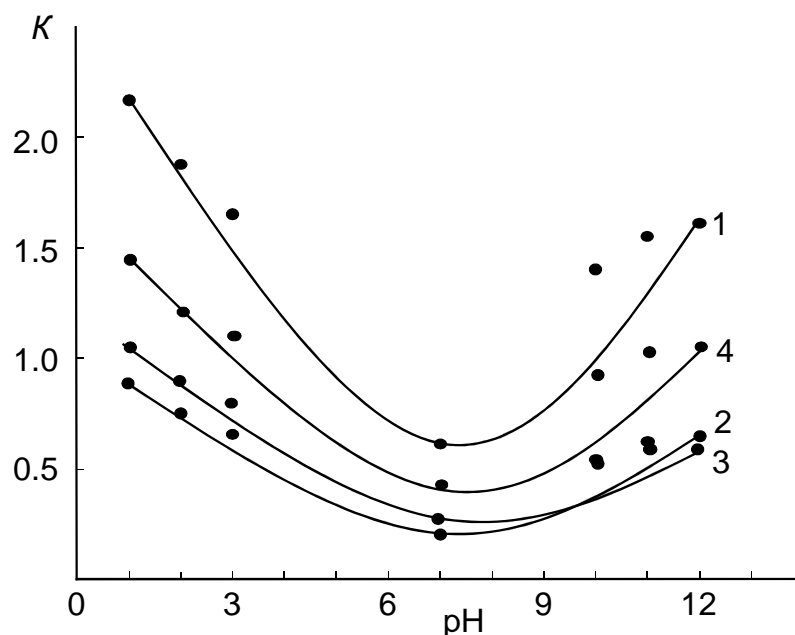


Рисунок 3 – Зависимость скорости коррозии $K \cdot 10^3$ ($\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$) цинкового сплава Zn0.5Al (1), содержащего по 0.01 мас.% хрома (2), марганца (4) и молибдена (3) от pH среды

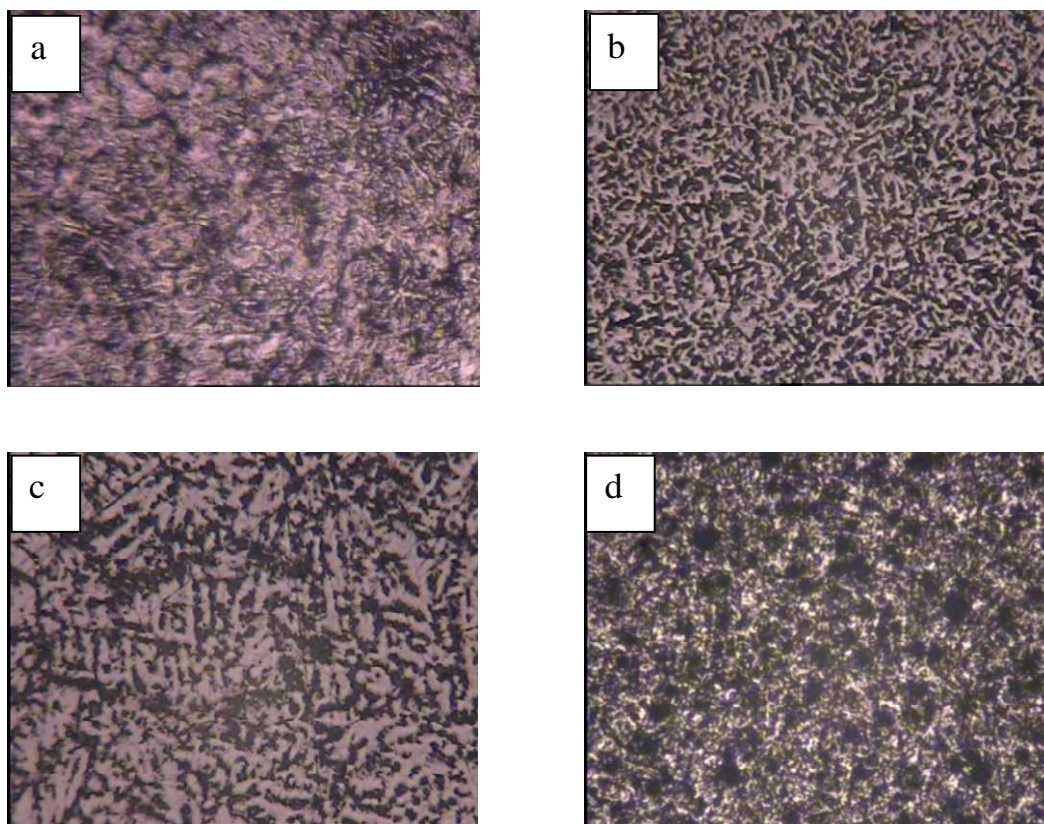


Рисунок 4 – Микроструктуры (x500) цинкового сплава Zn0.5Al (a), содержащего по 0.1 мас.% хрома (b), марганца (c) и молибдена (d)

ГЛАВА 3. ОКИСЛЕНИЕ ЦИНКОВОГО СПЛАВА Zn0.5Al, ЛЕГИРОВАННОГО ХРОМОМ, МАРГАНЦЕМ И МОЛИБДЕНОМ, В ТВЁРДОМ СОСТОЯНИИ

Окисление сплавов в твёрдом состоянии изучали термогравиметрическим методом. Исследования проводились на установке, состоящей из печи угольного сопротивления с чехлом из оксида алюминия. Для создания контролирующей атмосферы верхний конец чехла закрывается водоохлаждающимися крышками, имеющими отверстия для газопроводящей трубки, термопары и тигля с исследуемым сплавом, подвешенного на платиновой проволоке к пружине из молибденовой проволоки. Изменение веса сплавов фиксировали по растяжению пружины с помощью катетометра КМ-8. Тигли диаметром 18-20 мм, высотой 25-26 мм перед опытом подвергались прокаливанию при температуре 1000-1200°C в окислительной среде до постоянного веса. По окончании опытов систему охлаждали, тигель с содержимым взвешивали и определяли реакционную поверхность. Затем образовавшуюся оксидную плёнку снимали с поверхности образца и изучали её методом рентгенофазового анализа. Для получения информации о составе фаз в продуктах окисления использовали метод рентгенофазового исследования порошка. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре ДРОН-3.0, а дифрактограммы снимали с использованием медного K_{α} -излучения.

Для исследования процесса окисления получали образцы цинкового сплава Zn0.5Al, легированного хромом, марганцем и молибденом, в диапазоне 0.01-1.0 мас.%. Для изучения кинетики высокотемпературного окисления сплавов в воздушной среде измеряли увеличение удельной массы образца, вследствие роста оксидной плёнки во времени, при постоянных температурах 523, 573 и 623 К. Истинную скорость окисления вычисляли по касательным, проведённым от начала координат к кривым по формуле: $K=g/s \cdot \Delta t$, а значение эффективной энергии активации процесса высокотемпературного окисления вычисляли по тангенсу угла наклона прямой зависимости $\lg K-1/T$.

Приведённые на рисунке 5 квадратичные кинетические кривые процесса окисления на примере цинкового сплава Zn0.5Al с 1.0 мас.% хромом, показывают, что процесс окисления в начальных стадиях протекает по линейному, далее к 12-15 мин по гиперболическому закону, о чём свидетельствует формирование защитной оксидной плёнки, которая заканчивается к 15 минутам взаимодействия с кислородом воздуха. Направление кинетических кривых подчеркивает гиперболической характер механизма окисления исследуемых сплавов. Об этом свидетельствует непрямолинейный характер кривых в координатах $(g/s)^2-t$ (рисунок 5), а также аналитические зависимости $y = Kt^n$, где $n = 2 \div 4$ (таблица 6). Рассчитанные из кинетических кривых значения истинной скорости окисления цинкового сплава Zn0.5Al, легированного хромом, марганцем и молибденом, на примере сплавов с хромом в зависимости от температуры и состава исследованных сплавов приведены в таблице 7.

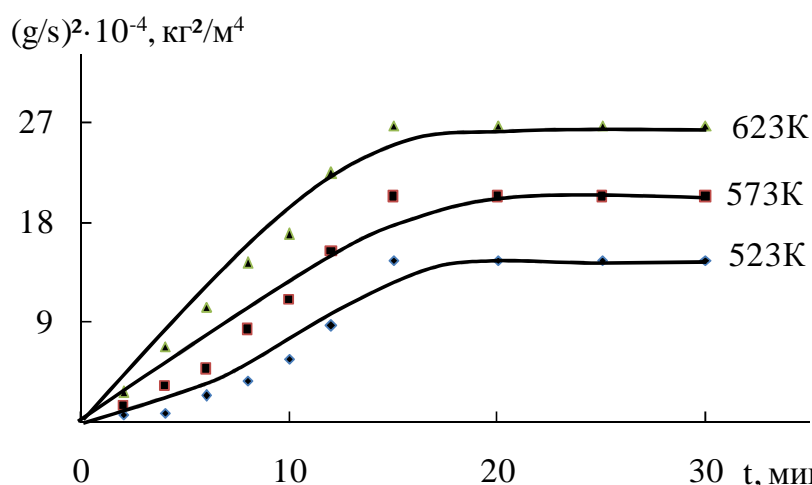


Рисунок 5 – Квадратичные кинетические кривые процесса окисления цинкового сплава Zn0.5Al, содержащего 1.0 мас.% хром

Таблица 6 – Результаты математической обработки кинетических кривых окисления цинкового сплава Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом

Содержание легирующего компонента в сплаве, мас. %	Температура окисления, К	Полиномы квадратичных кинетических кривых окисления сплавов	Коэффициент корреляции R
0.0	523	$y = -0.000x^4 - 0.000x^3 + 0.010x^2 - 0.176x$	0.987
	573	$y = -0.000x^4 - 0.001x^3 + 0.020x^2 - 0.471x$	0.985
	623	$y = -0.000x^4 - 0.001x^3 + 0.044x^2 - 0.786x$	0.981
1.0 Cr	523	$y = -0.001x^4 - 0.011x^3 + 0.237x^2 - 0.249x$	0.994
	573	$y = -0.000x^4 - 0.014x^3 + 0.272x^2 - 0.697x$	0.991
	623	$y = -0.000x^4 - 0.018x^3 + 0.303x^2 - 0.905x$	0.988
1.0 Mn	523	$y = -0.001x^4 - 0.022x^3 + 0.258x^2 - 0.265x$	0.989
	573	$y = -0.000x^4 - 0.028x^3 + 0.291x^2 - 0.715x$	0.990
	623	$y = -0.000x^4 - 0.031x^3 + 0.324x^2 - 0.933x$	0.993
1.0 Mo	523	$y = -0.001x^4 - 0.017x^3 + 0.333x^2 - 0.304x$	0.993
	573	$y = -0.000x^4 - 0.019x^3 + 0.342x^2 - 0.738x$	0.990
	623	$y = -0.000x^4 - 0.021x^3 + 0.353x^2 - 0.965x$	0.986

Динамику изменения истинной скорости окисления и эффективной энергии активации процесса окисления исследуемых сплавов можно наблюдать по изохронне окисления цинкового сплава Zn0.5Al с различным содержанием хрома, который построен при температуре 573 К, соответствующий 10 и 20 минутам процесса окисления. Кривые процесса окисления характеризуются монотонным снижением скорости окисления и повышением энергии активации при легировании цинкового сплава Zn0.5Al хромом и молибденом (0.01-0.1 мас.%). Добавки марганца в пределах 0.01-1.0 мас.% несколько увеличивают окисляемость цинкового сплава Zn0.5Al (рисунок 6).

Таблица 7 – Кинетические и энергетические параметры процесса окисления цинкового сплава Zn0.5Al с хромом, в твёрдом состоянии

Добавки Cr в сплаве, мас.%	Температура окисления, К	Истинная скорость окисления ($K, 10^{-4}$), $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$	Эффективная энергия активации, кДж/моль
0.0	523	3.68	168.4
	573	3.91	
	623	4.11	
0.01	523	2.16	187.7
	573	2.45	
	623	2.60	
0.05	523	2.25	185.2
	573	2.56	
	623	2.71	
0.1	523	2.46	181.0
	573	2.75	
	623	2.91	
0.5	523	3.13	176.5
	573	3.27	
	623	3.58	
1.0	523	3.28	172.4
	573	3.42	
	623	3.73	

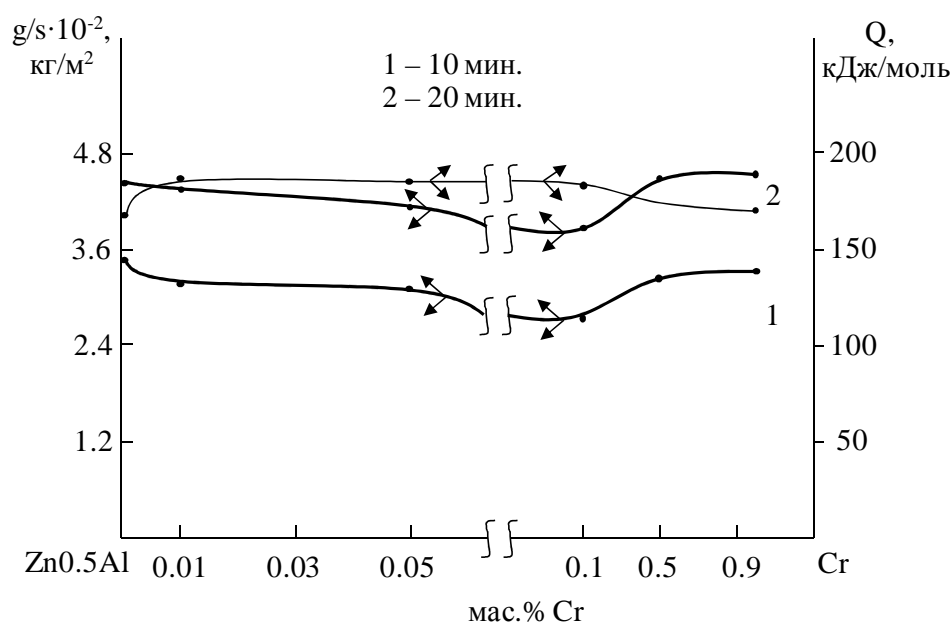


Рисунок 6 – Изохронны окисления (573К) цинкового сплава Zn0.5Al с хромом

Для сравнительного анализа в обобщенном виде на рисунке 7 и в таблице 8 приведены результаты исследования влияния добавок хрома, марганца и молибдена на кинетические и энергетические параметры процесса окисления цинкового сплава Zn0.5Al. Видно, что при переходе от сплавов легированных

хромом к сплавам с молибденом, далее к сплавам с марганцем наблюдается повышение истинной скорости окисления исследованных сплавов, что сопровождается уменьшением эффективной энергии активации процесса окисления (рисунок 7, таблица 8).

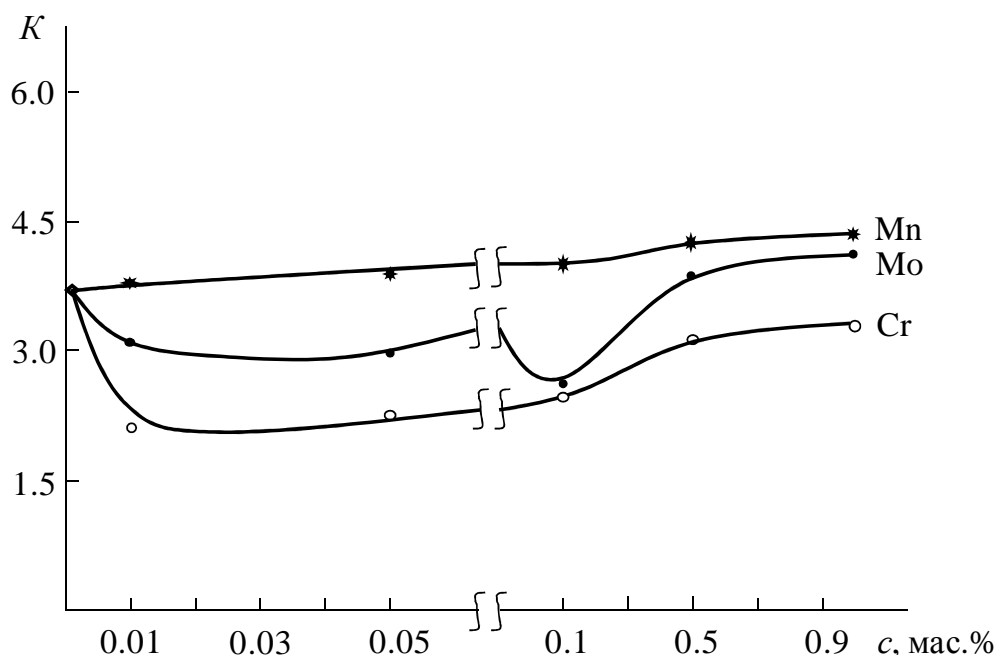


Рисунок 7 – Сравнение зависимости изменения скорости окисления (K , 10^{-4} , $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$) цинкового сплава $\text{Zn}0.5\text{Al}$ от содержания хрома, марганца и молибдена при температуре 523 К

Таблица 8 – Сравнение зависимости эффективной энергии активация окисления цинкового сплава $\text{Zn}0.5\text{Al}$ от содержания хрома, марганца и молибдена

Температура окисления, К	Легирующий компонент сплава	Эффективная энергия активации, кДж/моль					
		Содержание добавки в сплаве, мас.%					
		-	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
523 573 623	-	168.4	-	-	-	-	-
	Cr	-	187.7	185.2	181.0	176.5	172.4
	Mn	-	161.8	159.0	154.5	150.7	147.3
	Mo	-	175.2	178.7	183.5	160.3	148.6

В целом, термогравиметрическим методом исследовано взаимодействие цинкового сплава $\text{Zn}0.5\text{Al}$, легированного хромом, марганцем и молибденом с кислородом воздуха при температурах 523, 573 и 623 К, в твёрдом состоянии. Определены кинетические и энергетические параметры процесса окисления сплавов. Установлено, что при окислении исследованных сплавов образуются оксиды ZnO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , Mo_2O_3 , $\text{ZnO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ и $\text{ZnO}\cdot\text{Mo}_2\text{O}_3$. Показано, что добавки хрома и молибдена в диапазоне концентрации 0.01-0.1 мас.% значительно уменьшают окисляемость цинкового сплава $\text{Zn}0.5\text{Al}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации:

1. Потенциостатическим методом исследования в потенциодинамическом режиме (скорость развёртки потенциала 2 мВ/с), в кислых (рН=1: 0.1н; 2: 0.01н; 3: 0.001н), нейтральных (рН=7: 3%; 0.3%; 0.03%) и щелочных (рН=10: 0.001н; 11: 0.01н; 12: 0.1н) средах электролитов HCl, NaCl и NaOH установлено, что добавки хрома, марганца и молибдена в количествах концентрации 0.01-0.1 мас.% в 2–3 раза уменьшают скорость коррозии цинкового сплава Zn0.5Al. При этом наблюдается смещение потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации сплавов в область отрицательных значений. Определено, что при переходе от легированных хромом сплавов к сплавам с молибденом скорость коррозии сплавов снижается, а далее к сплавам с марганцем несколько растёт. Установлено, что повышение анодной устойчивости цинкового сплава Zn0.5Al достигается его легированием хромом, марганцем и молибденом в диапазоне рН коррозионной среды от 3 до 10. Среди легирующих металлов хром и молибден более эффективно повышают коррозионную стойкость анодного сплава Zn0.5Al [1, 2, 5, 7-А].

2. Методом термогравиметрии исследовано взаимодействие с кислородом воздуха цинкового сплава Zn0.5Al, легированного хромом, марганцем и молибденом, в интервале температур 523-623 К в твердом состоянии. Показано, что добавки хрома и молибдена в пределах 0.01-0.1 мас.% значительно уменьшают окисляемость цинкового сплава Zn0.5Al и им принадлежат самые максимальные значения эффективной энергии активации процесса окисления. Добавки 0.01-1.0 мас.% марганца несколько увеличивают склонность к окислению цинкового сплава. Установлено, что механизм окисления сплавов подчиняется гиперболической зависимости с истинной скоростью порядка 10^{-4} кг·м⁻²·с⁻¹. Выявлено, что наиболее перспективным для устойчивого к окислению защитного покрытия изделия из углеродистой стали, считается сплав Zn0.5Al, содержащий по 0.01, 0.05 и 0.1 мас.% хрома и молибдена [3, 4, 6, 8-А].

3. Методом рентгенофазового анализа установлен фазовый состав продуктов окисления цинкового сплава Zn0.5Al с различным содержанием хрома, марганца и молибдена и их роль в механизме коррозионного процесса. Определено, что при окислении исследованных сплавов образуются оксиды ZnO, Al₂O₃, Cr₂O₃, Mn₂O₃, Mo₂O₃, ZnO·Cr₂O₃ и ZnO·Mo₂O₃ [3, 4, 6, 8-А].

4. Металлографическим методом исследовано микроструктуры цинкового сплава Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом. Показано, что добавки легирующего компонента оказывают модифицирующее влияние на структуру цинкового сплава Zn0.5Al, приводящее к уменьшению размера зерен твердых растворов цинка в алюминии (α -Al) и алюминия в цинке (γ -Zn). С ростом легирующего компонента (Cr, Mn, Mo) в образцах сплавов наблюдалось глобуляризация твердого раствора. Выявлено, что хром и молибден значительно измельчают структуру цинкового сплава Zn0.5Al. Сплав, содержащий марганец обладает мелкозернистой структурой, чем исходный сплав. Оптимальные составы, разработанных новых коррозионностойких

сплавов как анодных защитных покрытий и литых протекторов, защищены малым патентом Республики Таджикистан № ТЈ 1028 [9-А].

Рекомендации по практическому использованию результатов:

– результаты исследования рекомендуются для специалистов в области коррозии и защиты металлов, гальванотехнике, металлургии, а также материаловедов и производственников, занимающихся проблемами защиты металлических конструкций и оборудования от коррозионного разрушения;

– разработанные оптимальные составы новых сплавов Zn_{0.5}Al с хромом, марганцем и молибденом рекомендуются в качестве анодных защитных покрытий и литых протекторов для повышения коррозионной стойкости и увеличения срока службы изделия, сооружения и конструкция из углеродистой стали [1–9-А].

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан:

[1-А]. **Иброхимов, П.Р.** Анодное поведение сплава Zn_{0.5}Al, легированного молибденом, в кислой среде / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.- мат., хим., геол. и техн. наук. – 2019. – № 4 (177). – С. 89-92.

[2-А]. **Иброхимов, П.Р.** Влияние добавок хрома на анодное поведение сплава Zn_{0.5}Al, в щелочной среде / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.- мат., хим., геол. и техн. наук. – 2020. – № 1 (178). – С. 49-53.

[3-А]. **Иброхимов, П.Р.** Кинетика окисления сплава Zn_{0.5}Al, легированного молибденом, в твёрдом состоянии / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.- мат., хим., геол. и техн. наук. – 2020. – № 2 (179). – С. 49-55.

[4-А]. Обидов, З.Р. Кинетика окисления сплава Zn_{0.5}Al, легированного хромом, в твердом состоянии / З.Р. Обидов, **П.Р. Иброхимов**, Ф.А. Рахимов, И.Н. Ганиев // Журнал физической химии. – 2021. – Т. 95. – № 1. – С. 152-154.

Obidov, Z.R. Kinetics of the oxidation of chromium-doped Zn_{0.5}Al alloy in the solid state / Z.R. Obidov, **P.R. Ibrokhimov**, F.A. Rakhimov, I.N. Ganiev // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2021. – Vol. 95. – No. 1. – P. 221-223 (**Scopus**).

Статьи, опубликованные в материалах конференций:

[5-А]. **Иброхимов, П.Р.** Влияние добавок хрома на коррозионное поведение сплава Zn_{0.5}Al, в нейтральной среде / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов // Сб. матер. Респ. науч.-практ. конф. «Современное состояние химической науки и использование её достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан» - XV Нумановские чтения. Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан. – Душанбе. – 2019. – Ч. 1. – С. 227-228.

[6-А]. **Иброхимов, П.Р.** Окисление сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного молибденом / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов // Сб. матер. Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых». Горно-металлургический институт Таджикистана. – Бустон. – 2019. – С. 43-45.

[7-А]. **Иброхимов, П.Р.** Влияние марганца на анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$, в кислой среде / П.Р. Иброхимов, Ф.А. Рахимов, И.Н. Ганиев, П.Р. Пулотов, З.Р. Обидов // Конф. Чумх. илмй-амалии «Муаммоҳои физикаи муосир дар раванди саноатикунонии Чумхурии Тоҷикистон». Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи акад. Б. Фафуров. – Хучанд. – 2020. – С. 143-144.

[8-А]. **Иброхимов, П.Р.** Окисление цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного марганцем / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Сб. матер. Респ. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы естественных наук и технологий». Российско-Таджикский (Славянский) университет. – Душанбе. – 2020. – С. 116-117.

Изобретения:

[9-А]. Малый патент Республики Таджикистан № ТЈ 1028. Цинк-алюминиевый сплав / **П.Р. Иброхимов**; заявитель и патентообладатель: П.Р. Иброхимов, З.Р. Обидов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, Р.У. Нематуллоев / № 1901292; заявл. 28.03.19, опубл. 10.10.19, бюл. 153, 2019. – 3 с.

АКАДЕМИЯИ МИЛЛИИ ИЛМҲОИ ТОҶИКИСТОН
ИНСТИТУТИ КИМИЁИ ба номи В.И. НИКИТИН

Бо ҳуқуқи дастнавис
УДК 620.197:669.017



ИБРОҲИМОВ Пайрав Рустамович

РАФТОРИ АНОДӢ ВА ОКСИДШАВИИ
ХӮЛАИ РУҲ $Zn_{0.5}Al$, КИ БО ХРОМ, МАНГАН
ВА МОЛИБДЕН ҶАВҲАРОНИДАШУДА

АВТОРЕФЕРАТИ

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии
номзади илмҳои техникӣ аз рӯйи ихтисосҳои
05.17.03 – Технологияи равандҳои электрохимиявӣ
ва муҳофизат аз коррозия,
05.02.01 – Маводшиносӣ (дар мошинсозӣ)

Душанбе – 2020

Диссертатсия дар озмоишгоҳи «Маводҳои ба коррозия устувор»-и Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон иҷро шудааст.

Роҳбари илмӣ:

доктори илмҳои химия, дотсент,
сарҳодими илмии Институти кимиёи
ба номи В.И. Никитини Академияи миллии
илмҳои Тоҷикистон

Обидов Зиёдулло Раҳматович

Мушовири илмӣ:

доктори илмҳои химия, профессор, академики
АМИТ, роҳбари маркази «Маводшиносӣ ва
мошинсозӣ»-и институти «Политехник»-и
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон

ба номи академик М.С. Осимӣ

Ғаниев Изатулло Наврузович

Муқарризони расмӣ:

доктори илмҳои техникӣ, профессор,
директори филиали Агентии амнияти ядрой
ва радиатсионии Академияи миллии илмҳои
Тоҷикистон дар шаҳри Бустон

Назаров Холмурод Марипович

номзади илмҳои техникӣ, дотсент,
декани факултети механикакунонии
хоҷагии халқи Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон
ба номи Ш. Шотемур

Мирзоев Шамсулло Изатович

Муассисаи пешбар:

кафедраи пайвастагиҳои калонмолекулавӣ
ва технологияи химиявии Донишгоҳи
миллии Тоҷикистон

Ҳимояи диссертатсия 25 январи соли 2021, соати 11⁰⁰ дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионии 6D.KOA-007 назди Институти кимиёи ба номи В.И. Никитини Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон баргузор мегардад. Суроға: 734063, ш. Душанбе, хиёбони Айнӣ, 299/2. E-mail: z.r.obidov@rambler.ru

Бо матни пурраи диссертатсия метавонед дар китобхонаи илмӣ ва сомонаи Институти кимиёи Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон ба номи В.И. Никитин шинос шавед: www.chemistry.tj

Автореферат санаи «_____» _____ соли 2020 тавзеъ шудааст.

Котиби илмӣ
Шӯрои диссертатсионӣ,
номзади илмҳои химия

Маҳкамов Ҳ.Қ.

МУҚАДДИМА

Мубрамии таҳқиқот. Мубориза бо коррозия аз интихоби мавод барои сохтани маснуот оғоз мегардад. Талабот ба устувории коррозиони мавод дар ҳудуди васеи вобаста ба таъиноти маснуот, шароити истифодабарӣ ва банақшагирии муҳлати хизмати он метавонад тағйир ёбад. Ҳамингуна вобастагиро ҳангоми интихоби рӯйпӯшҳои муҳофизатӣ бояд истифода намуд. Масалан, барои муҳофизати маснуот бо муҳлати хизмати маҳдуд метавонад ошкор шавад, ки аз ҷиҳати иқтисодӣ истифодаи рӯйпӯшҳои арзон, ки рушди коррозияи маснуотро қатъ менамоянд, беҳад муфид бошанд.

Зарурати баргузори таҳқиқот. Ҳақиқатан, қариб нисфи истифодабарии ҷаҳонии руҳ ба ҳиссаи рӯйпӯшҳо, ки барои муҳофизати маснуоти пӯлодии карбондор, ки дар атмосфера ва об истифода мешаванд, рост меояд. Дар айни замон барои амалан муҳофизаткунии пӯлоди масолеҳи нимтайёр аз рӯйпӯшҳои руҳ-алюминийи намуди «галфан» ($Zn5Al$, $Zn55Al$) ва «галвалюм» ($Zn55Al-1.6Si$) дар муҳитҳои гуногуни агрессивӣ истифода мебаранд. Бинобар ин, мубрамии таҳқиқот бо зарурати омӯзиши равандҳои баҳамтаъсироти ҳӯлаҳои металлӣ дар муҳитҳои газнамуд ва агрессивӣ ҳангоми ҳароратҳои баланд ва ҷустуҷӯи усулҳои самараноки муҳофизати маводи пӯлодӣ аз коррозия муайян карда мешавад.

Дарҷаи омӯхташудаи масъалаи илмӣ. Ба гурӯҳи ҳӯлаҳои ба коррозия устувор, ки васеъ истифода бурда мешаванд, ҳӯлаҳои руҳ бо иловаҳои ҷавҳаронии гуногун хос аст. Дар алоқамандӣ бо ин, таҳқиқоти мазкур ба ҳӯлаи эвтектоидии руҳ $Zn0.5Al$ бо воридкунии компоненти ҷавҳаронӣ – хром, манган ва молибден дар алоҳидагӣ ба таркиби он бо мақсади коркарди рӯйпӯшҳои анодӣ ва протекторҳои муҳофизатии нав барои баландбардории устувории коррозионӣ ва зиёдкунии муҳлати хизмати маснуот, конструксия ва иншооти пӯлодии карбондор нигаронида шудааст.

ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

Мақсади таҳқиқот ин омӯзиши рафтори анодӣ ва оксидшавии ҳӯлаи руҳи $Zn0.5Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудааст, дар муҳитҳои гуногуни коррозионӣ ва коркарди таркиби оптималии намунаҳои ҳӯлаҳо, ки ба сифати рӯйпӯшҳои анодӣ ва протекторҳо барои муҳофизати маснуот, конструксияҳо ва иншооти пӯлодии карбондор аз вайроншавии коррозионӣ ва эрозионӣ тавсия мешаванд, мебошад.

Объекти таҳқиқот: руҳи тамғаи ХТ(гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва лигатураи он бо хром (тамғаи ХТ), манган ва молибден (тамғаҳои ТМ) (2% Cr, Mn, Mo).

Мавзӯи таҳқиқот ин ҳӯлаи руҳ $Zn0.5Al$, ки бо концентратсияҳои гуногуни хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудаанд.

Масъалаҳои таҳқиқот:

- таҳқиқоти қонуниятҳои тағйирёбии хосиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудаанд, дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ концентратсияҳои гуногундошта вобаста аз рН-и муҳит;
- омӯзиши таъсири иловаҳои ҷавҳаронии хром, манган ва молибден ба микросохтори хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$;
- таҳқиқоти қонуниятҳои тағйирёбии нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда дар ҳолати сахт ва муҳити ҳаво;
- муайянкунии таркибҳои фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаҳои мазкур ва аниққунии нақши онҳо дар механизми раванди коррозсионӣ;
- оптималикунони таркиби хӯлаҳои сечанда дар асоси аниққунии сохтори онҳо, хосиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявӣ ва физикавӣ-химиявӣ ва муайянкунии соҳаҳои имконпазири истифодабарии онҳо.

Усулҳои таҳқиқот. Таҳқиқоти рафтори анодӣ ва оксидшавии хӯлаҳо бо усулҳои микрорентгеноспектралӣ, потенциостатикӣ, металлографӣ, рентгенофазавӣ ва термогравиметрӣ гузаронида шудааст.

Соҳаи таҳқиқот ин маводшиносӣ ва технологияи ҳосилкунии хӯлаҳои анодӣ ва протекторӣ нав дар асоси руҳ барои муҳофизати маснуоти пӯлодии карбондор аз вайроншавии коррозсионӣ мебошад.

Марҳилаҳои таҳқиқот: ҳосилкунии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки бо концентратсияҳои гуногуни хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудаанд; омӯзиши хосиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявӣ ва физикавӣ-химиявӣ онҳо; таҳқиқоти микросохторҳо ва маҳсули коррозсияи хӯлаҳои таҳқиқшуда.

Пойгоҳи асосии ҷамъоварӣ ва озмоишҳои таҳқиқот. Таҳқиқот бо ёрии асбобҳои муосири: микроскопи электронии тасвирбардори SEM навъи AIS 2100; потенциостати импульсии ПИ-50.1.1; микроскопи металлографии ERGOLUX AMC; тарозуҳои термогравиметрӣ ва асбоби ДРОН-3.0 иҷро карда шудааст.

Эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсионӣ. Эътимоднокии натиҷаҳои таҳқиқот бо усулҳои муосири таҳқиқот ва асбобҳо, мутобиқати босифатии натиҷаҳои диссертатсионии дарёфтнамуда бо қиматҳои таҷрибавӣ ва тасаввуроти назариявӣ дар адабиёт мавҷуда таъмин гардидааст. Коркарди математикӣ ва статистикунии натиҷаҳои таҷрибавӣ бо истифодаи барномаи компютери Microsoft Excel иҷро карда шудааст.

Навгонҳои илмӣ таҳқиқот. Бо усули потенциостатикӣ дар речаи потенциодинамикӣ бо суръати тобиши потенциал 2мВ/с дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ бо концентратсияҳои гуногун вобаста аз рН-и муҳит аниқ карда шудааст, ки иловаҳои хром, манган ва молибден дар ҳудуди 0.01-0.1%-и вазн устувории коррозсионии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ -ро 2-3 маротиба баланд менамоянд, ки ҳангоми муҳофизати анодӣ ва протекторӣ маснуот ва

конструксияи пӯлодии карбондор аз коррозия истифода мешаванд. Дар ин вақт, майлдиҳии потенциалҳои коррозия, пассиватсияи репассиватсияи хӯлаҳо ба самти қиматҳои манфӣ мушоҳида гардидааст. Баъдан, майлдиҳии потенциалҳои коррозионӣ-электрохимиявӣ ба самти қиматҳои мусбӣ барои хӯлаҳо бо хром ва молибден дар муҳити нейтралӣ ҷой дорад. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо хром ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳо бо молибден, баъдан ба хӯлаҳо бо манган суръати коррозияи хӯлаҳо андаке афзоиш меёбад, мутаносибан дар муҳитҳои кислотагӣ ва нейтралӣ. Афзоиши устуворнокии коррозионии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ ҳангоми ҷавҳаронидани он бо компоненти сеюм дар муҳити ишқорӣ аз рӯйи тарзи гузариш аз хӯлаҳои бо манган ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳо бо хром, баъдан ба хӯлаҳо бо молибден ба вучуд меояд. Муқоисакунии хусусиятҳои хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки бо элемент аз шумораи металлҳои гузаранда коркард шудааст, нишон медиҳад, ки хӯлаҳои бо хром ва молибден нисбат ба хӯлаҳо бо манган сохтори хеле хурд доранд. Пайгирифта, воридкунии иловаҳои хром ва молибден ба таркиби хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ барои банақшагирии коркарди рӯйпӯшҳои анодӣ ва протекторҳои муҳофизатӣ хеле самараноканд.

Бо усули термогравиметрӣ нишон дода шудааст, ки механизми оксидшавии хӯлаҳои системаҳои $Zn_{0.5}Al-Cr$ (Mn , Mo) дар ҳолати саҳт ба қонунияти расман-кинетикӣ афзоиши пардаи оксидии муҳофизатӣ – гипербола иттиҳ менамоянд. Бо афзоиши ҳарорат ва миқдори хром ва молибден ($0.01-0.1\%$ -и вазн) дар хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ оксидшавии хӯлаҳо намоён кам мешавад. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ дорои тартиби 10^{-4} ($кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$) аст. Иловаҳои манган дар ҳудуди концентратсионии омӯхташудаи ($0.01-1.0\%$ -и вазн) начандон оксидшавии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ -ро зиёд менамояд. Энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавии хӯлаҳо (дар ҳудуди концентратсияҳои омӯхташуда) ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо бо манган ба хӯлаҳо бо молибден, баъдан ба хӯлаҳо бо хром зиёд мешавад.

Бо усули рентгенофазавии таҳлил таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки дар таркибаш хром, манган ва молибден дорад ва нақши онҳо дар механизми раванди коррозионӣ аниқ карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки маҳсули оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда аз омехтаи пардаҳои оксидҳои муҳофизатии – ZnO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , Mo_2O_3 , $ZnO \cdot Cr_2O_3$ ва $ZnO \cdot Mo_2O_3$ иборат аст.

Аҳамияти назарии таҳқиқот. Дар диссертатсия ҷанбаҳои назарии таҳқиқот: исботи таъсири сохторҳо, таркиби фазавӣ, вобастагии ҳароратӣ, муҳитҳои коррозионӣ ва концентратсияҳои иловаҳои ҷавҳаронӣ ба рафтори анодӣ ва оксидшавии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$; қонуниятҳои тағйирёбии нишондиҳандаҳои коррозияи электрохимиявӣ ва баландҳароратии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ бо хром, манган ва молибден баён шудааст.

Аҳамияти амалии таҳқиқот. Дар асоси таҳқиқотҳои коррозионии иҷронамуда концентратсияҳои оптималии хром, манган ва молибден дар хӯлаи

руҳ $Zn_{0.5}Al$ аниқ карда шудааст, ки бо устуворнокии коррозионӣ фарқ менамоянд. Таркибҳои оптималии рӯйпӯшҳои хӯлави анодии муҳофизатии коркардшуда бо Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон ТҶ № 1028 ҳифз карда шудаанд. Хӯлаҳо ҳамчун рӯйпӯшҳои анодӣ ва протекторӣ барои муҳофизати маснуот, иншоот ва конструксияҳои пӯлодии карбондор аз вайроншавии коррозионӣ-эрозионӣ тавсия мешаванд.

Нуктаҳои ҷимояшавандаи диссертатсия:

- натиҷаҳои таҳлили микрорентгеноспектралӣ ва микросохтори хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудаанд;
- натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири иловаҳои ҷавҳаронии хром, манган ва молибден ба рафтори анодии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣи концентратсияҳои гуногундошта аз рН-и муҳит;
- натиҷаҳои таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудаанд, дар ҳолати сахт ва муҳити ҳаво;
- натиҷаҳои таҳлили рентгенофазагии маҳсули коррозияи баландхароратии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ бо хром, манган ва молибден.

Саҳми шахсии докталаб аз тасвияи мақсад ва масъалаҳои таҳқиқот, таҳлилқунии маълумоти адабиётҳо аз рӯйи мавзӯи диссертатсия, шарҳдиҳӣ ва коркарди натиҷаҳои таҷрибавии таҳқиқот, тасвияи хулосаҳои диссертатсия иборат аст. Ҳама маълумоти таҷрибавии дар диссертатсия воридгардида, шахсан аз ҷониби докталаб ё бо иштироки бевоситаи ӯ дарёфт шуда, дар намуди интишорот таҳия шудаанд.

Таъйиди диссертатсия ва иттилоот оид ба истифодаи натиҷаҳои он. Натиҷаҳои асосии таҳқиқот дар конфронсҳои зерин муҳокима ва баррасӣ гардидааст: Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых». Горно-металлургический институт Таджикистана (Бустон, 2019); Респ. науч.-практ. конф. «Современное состояние химической науки и использование её достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан» - XV Нумановские чтения. Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан (Душанбе, 2019); Конф. Ҷумҳ. илмӣ-амалии «Муаммоҳои физикаи муосир дар раванди саноатикунории Ҷумҳурии Тоҷикистон». Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи акад. Б. Гафуров (Хучанд, 2020); Респ. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы естественных наук и технологий». Российско-Таджикский (Славянский) университет (Душанбе, 2020).

Интишоори натиҷаҳои диссертатсия. Аз рӯйи мавзӯи диссертатсия 8 мақолаҳои илмӣ, аз ҷумла 4 мақола дар маҷаллаҳои тақризии тавсиянамудаи КОА-и назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон – «Ахбори АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон. Шӯъбаи физикаю математика, химия, геология ва техникӣ», «Журнал физической химии» (Scopus), 4 мақола дар маводи конфронсҳои

байналмилалӣ ва ҷумҳуриявӣ нашр шудааст ва 1 Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон (ТҶ № 1028) оиди таркибҳои хӯлаҳои коркардшуда дарёфт шудааст.

Соҳтор ва ҳаҷми диссертатсия. Рисолаи диссертатсионӣ аз муқаддима, тавсифи умумии таҳқиқот, навиди адабиёт, се боб, хулосаҳо, рӯйхати адабиёт ва замима иборат аст. Диссертатсия дар 136 саҳифаи хуруфчинии компютерӣ, ки дорои 34 ҷадвал, 51 расм ва 126 номгӯи сарчашмаҳои адабиёт аст, баён шудааст.

МУҲТАВОИ АСОСИИ ТАҲҚИҚОТ

Дар муқаддима мубрамияти мавзӯи диссертатсия асоснок гардида, вазифагузорӣ ва масъалаҳои асосии таҳқиқот баён шудааст.

Дар боби якум «Рафтори коррозионии руҳ ва хӯлаҳои руҳ-алюминий дар муҳитҳои гуногун» натиҷаҳои таҳлили маълумоти мавҷуда дар адабиётҳо оиди устуворнокии коррозионии руҳ дар муҳитҳои гуногун; рафтори анодии хӯлаҳои руҳ-алюминий дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ; коррозияи электрохимиявӣ ва баландҳароратии руҳ ва хӯлаҳои руҳ-алюминий оварда шудааст.

Муҳокимаи навиди адабиёт ба он ишора менамояд, ки хусусиятҳои коррозионии химиявӣ ва электрохимиявии металлҳо ва хӯлаҳо дар мошинсозӣ, галванотехника ва дигар соҳаҳои саноатӣ нақши хеле муҳим мебошад. Вобаста ба ин, хӯлаҳои руҳ-алюминий, ки бо «галфан» ва «галвалюм» номгузорӣ шудаанд, дар галванотехника, мошинсозӣ ва металлургия ба сифати рӯйпӯшҳои анодӣ ва протекторҳои муҳофизатӣ ҳангоми муҳофизати анодии маводи пӯлодӣ ва металлӣ аз вайроншавии коррозионӣ-эрозионӣ истифода мешаванд.

Ҳамин тавр, маълумоти баёншуда муҳимияти омӯзиши механизми раванди коррозионии хӯлаи саноатиро аз гурӯҳи рӯйпӯшҳои галфании муҳофизатӣ ва ҷустуҷӯи усулҳои самараноки муҳофизати маводи пӯлодӣ аз коррозияро таъкид менамояд. Дар ин маҷро, таҳқиқоти рафтори анодӣ ва оксидшавии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудааст бо мақсади коркарди рӯйпӯшҳо ва протекторҳои анодӣ барои муҳофизати маснуот, иншоот ва конструксияҳои гуногуни пӯлодии карбондор аз вайроншавии коррозионӣ-эрозионӣ мубрам мебошад.

БОБИ 2. РАФТОРИ АНОДИИ ХҶЛАИ РУҲ $Zn_{0.5}Al$, КИ БО ХРОМ, МАНГАН ВА МОЛИБДЕН ҶАВҲАРОНИДАШУДА, ДАР МУҲИТҶОИ КИСЛОТАГӢ, НЕЙТРАЛӢ ВА ИШҚОРӢ

Мақсади таҳқиқоти коррозияи электрохимиявии хӯлаҳо ин баҳодихии ба коррозия устувории онҳо дар электролитҳои гуногун ва таъсирҳои имконпазири омилҳои гуногун ба ин устуворӣ, аниққунии механизми раванди коррозионӣ, муайянқунии нишондиҳандаҳои коррозионӣ-электрохимиявӣ ва маълумқунии омилҳои назоратқунанда мебошад.

Хӯлаҳо барои таҳқиқот дар кӯраи муқовимати электрикии намуди СШОЛ дар ҳудуди ҳарорати 700–850 °С ҳосил карда шуд. Таркиби химиявии хӯлаҳо бо таҳлили микрорентгеноспектралӣ дар микроскопи электрони тасвирбардори SEM (AIS 2100) назорат карда шуд. Аз хӯлаҳои ҳосилнамуда, намунаҳоро дар қолиби графитӣ бо андозаҳои диаметри 8 мм ва дарозии 140 мм рехтагарӣ намудем. Пеш аз воридкунии хӯла ба маҳлули корӣ қисмати ғуллаҳои онро бо коғази сунбода тоза намуда, сайқал дода, беравғангардонӣ намуда, бо спирт шӯста ва баъдан ба электролитҳои HCl, NaCl ва NaOH ворид намудем. Ҳарорати электролитро дар ячейка бо ёрии термостати MLШ-8 дар ҳарорати доимии 20 °С нигоҳ доштем.

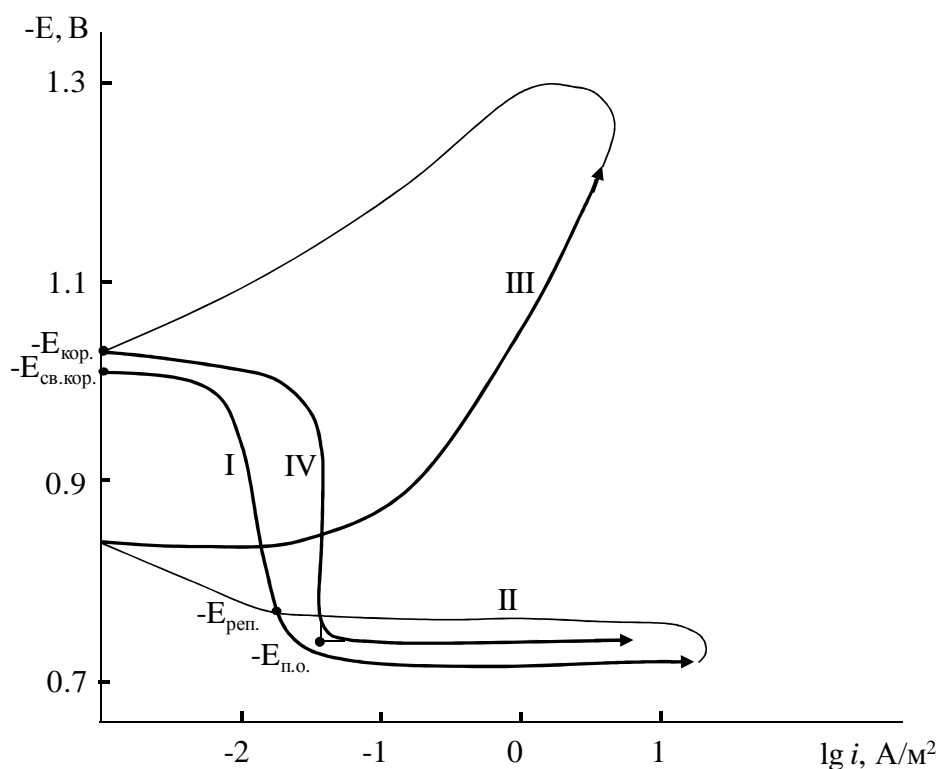
Таҳқиқоти потенциостатикӣ рафтори анодии хӯлаи рух Zn0.5Al, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронидашуда, дар муҳитҳои кислотагӣ (pH=1: 0.1н, 2: 0.01н, 3: 0.001н), нейтралӣ (pH=7: 3%, 0.3%, 0.03%) ва ишқорӣ (pH=10: 0.001н, 11: 0.01н, 12: 0.1н) электролитҳои HCl, NaCl ва NaOH бо речаи потенциодинамикӣ суръати тобиши потенциал 2мВ/с дар потенциостати ПИ-50.1.1 гузаронида шудааст. Ба сифати электроди муқоисавӣ – хлориднуқрагӣ (х.с.э.) ва ёридиҳанда – платинагиро истифода намудем.

Натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳанд, ки потенциали озоди коррозия ($E_{\text{корр.оз.}}$, В) чун барои хӯлаи рух Zn0.5Al ва ҳамчун барои хӯлаҳои бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронидашуда (дар мисоли хром, ҷадвали 1) аз рӯи вақт зимни нигоҳдорӣ дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ ба самти мусбат майл менамояд. Қайд карда шудааст, ки бавучудоии қабати оксидии муҳофизатӣ аз аввали воридкунии намунаҳои хӯлаҳо ба маҳлули электролит дар 30-40 дақиқа ба охир мерасад. Бо афзоиши консентратсияи хром (0.01-0.1% вазн) дар хӯлаи рух Zn0.5Al майлдиҳии потенциали озоди коррозия ба самти мусбӣ қиматҳо дар муҳити нейтралӣ мушоҳида мегардад. Иловаҳои хром дар ҳудуди консентратсияҳои омӯхташуда қобилияти майлдиҳии потенциали озоди коррозияи хӯлаи рух Zn0.5Al-ро ба самти қиматҳои манфӣ дар муҳитҳои кислотагӣ ва ишқорӣ зоҳир менамоянд (ҷадвали 1).

Ҳангоми таҳқиқоти потенциостатикӣ намунаҳоро потенциодинамикӣ аз потенциали статсионарӣ ба самти мусбӣ поляризаторсия намудем, ки ҳангоми воридкунӣ ба электролит то якбора афзоиши ҷараёни электрикӣ дар натиҷаи питтингҳосилшавӣ аниқ шудааст (расми 1, қачхати I). Баъдан намунаҳоро ба самти баракс то потенциали 1300 В (расми 1, қачхатҳои II, III) поляризаторсия намудем. Дар охир, намунаҳоро ба самти мусбӣ поляризаторсия намуда (расми 1, қачхати IV), қачхатҳои поляризаторсионии хӯлаҳоро ҳосил намудем (дар мисоли хӯлаи Zn0.5Al бо хром, расми 1), баъдан аз рӯи қачхатҳои анодӣ потенциалҳои электрохимиявии хӯлаҳои таҳқиқшавандаро муайян намудем.

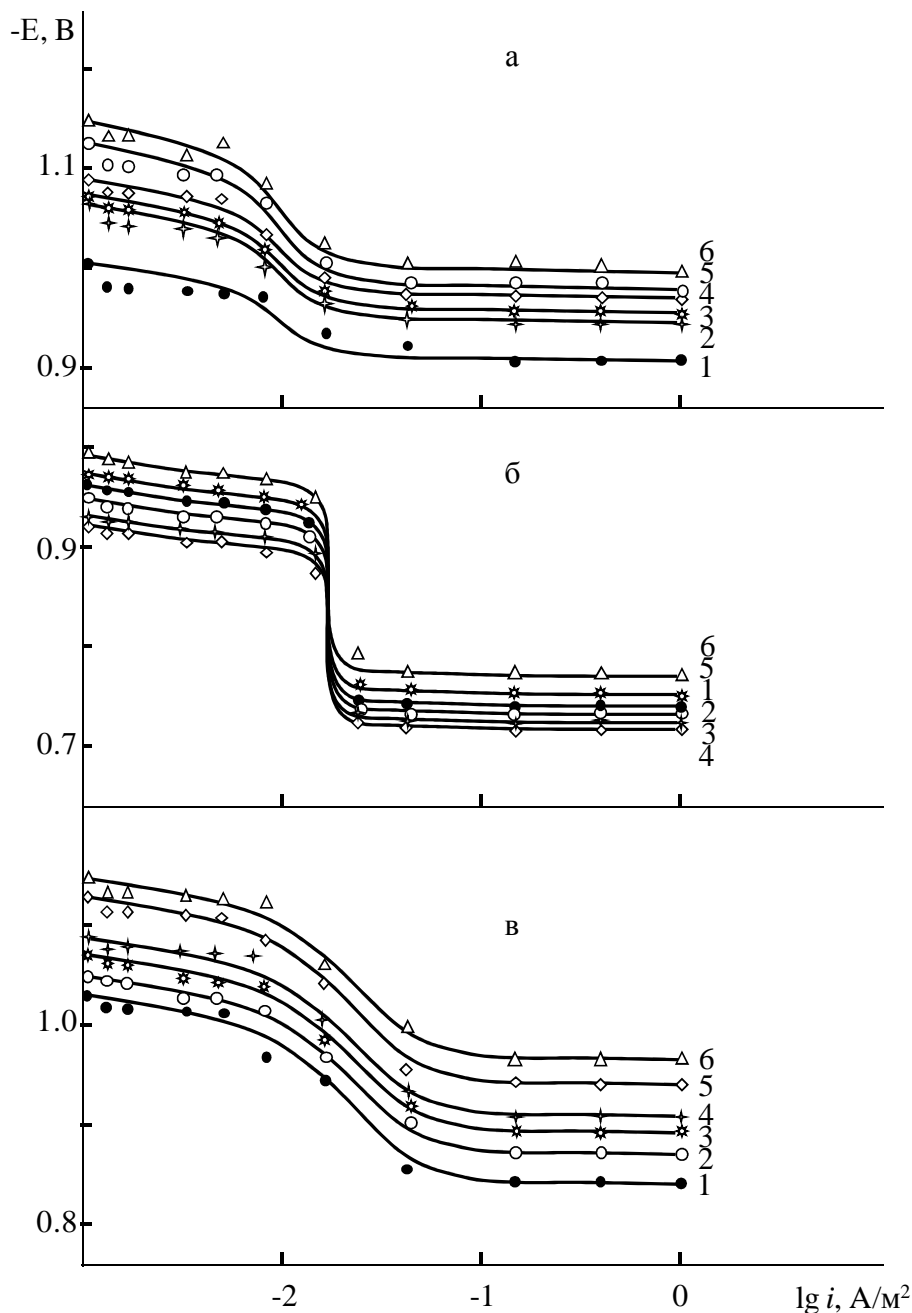
Ҷадвали 1 – Тағйирёбии потенциали коррозияи озоди ($-E_{\text{корр.оз.}}$, В) ҳўлаи руҳ Zn0.5Al бо хром аз рўйи вақт, дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ

Муҳит	Иловаи Cr дар ҳўла, %-и вазн	Вақт, дақиқа							
		1/3	2/3	1	5	15	30-40	45	60
0.01Н HCl	0.0	1.123	1.122	1.117	1.115	1.111	1.110	1.110	1.110
	0.01	1.149	1.147	1.143	1.141	1.136	1.135	1.135	1.135
	0.05	1.169	1.167	1.159	1.157	1.152	1.150	1.150	1.150
	0.1	1.188	1.187	1.182	1.181	1.175	1.173	1.173	1.173
	0.5	1.211	1.211	1.205	1.200	1.196	1.195	1.195	1.195
	1.0	1.217	1.216	1.214	1.211	1.208	1.207	1.207	1.207
0.3% NaCl	0.0	1.021	1.019	1.017	1.015	1.010	1.007	1.007	1.007
	0.01	0.994	0.993	0.992	0.989	0.985	0.983	0.983	0.983
	0.05	0.987	0.985	0.985	0.980	0.977	0.975	0.975	0.975
	0.1	0.973	0.972	0.970	0.969	0.964	0.960	0.960	0.960
	0.5	1.025	1.026	1.023	1.021	1.017	1.013	1.013	1.013
	1.0	1.041	1.041	1.038	1.035	1.031	1.025	1.025	1.025
0.01Н NaOH	0.0	1.056	1.055	1.050	1.050	1.049	1.048	1.048	1.048
	0.01	1.071	1.071	1.070	1.069	1.069	1.068	1.068	1.068
	0.05	1.098	1.097	1.097	1.097	1.094	1.093	1.093	1.093
	0.1	1.114	1.112	1.112	1.109	1.107	1.107	1.107	1.107
	0.5	1.153	1.152	1.148	1.144	1.138	1.134	1.134	1.134
	1.0	1.174	1.172	1.171	1.170	1.168	1.165	1.165	1.165



Расми 1 – Качхатҳои поляризатсионии потенциодинамикии (2мВ/с) анодӣ ва катодии ҳўлаи руҳ Zn0.5Al, ки 0.1%-и вазн хром дорад, дар муҳити 3%-и электролити NaCl

Шохаҳои анодии қачхатҳои анодии поляризатсионии потенциодинамикии хӯлаҳои таҳқиқшуда, дар мисоли хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ бо хром, ҳам мавзеи ҳалшавии фаъол ва ҳам ҳолати нофаъолро нишон медиҳанд, ки дар мақсад ба коррозия устувории онҳоро дар муҳитҳои гуногун тавсиф менамоянд (расми 2). Таъсири мусбии хром ба рафтори анодии хӯлаи $Zn_{0.5}Al$ наметавонад танҳо бо афзоиши ҳақиқии сатҳи анод ё зичшавии қабати фазавии оксидҳои муҳофизатии камҳалшавандаи маҳсули коррозия шарҳ дода шавад. Устувории хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ аз тағйирёбӣ ва дигаргуншавии сохтори он хангоми ҷавҳаронӣ бо компоненти сеюм инчунин вобаста аст.



Расми 2 – Шохаҳои анодии қачхатҳои поляризатсионии потенциодинамикии (2 мВ/с) хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ (1), ки хром дорад, %-и вазн: 0.01 (2); 0.05 (3); 0.1 (4); 0.5 (5); 1.0 (6) дар муҳитҳои электролитҳои 0.001н HCl (а), 0.03% NaCl (б) ва 0.001н NaOH (в)

Чавҳаронии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо хром дар ҳудуди концентратсионии (0.01-0.1%-и вазн) қобилияти майлдиҳии потенциалҳои коррозия, питтингҳосилшавӣ ва репассиватсияро дар муҳити нейтралӣ ба самти мусбӣ зоҳир менамояд. Афзоиши концентратсияи электролитҳои кислотагӣ ва ишқорӣ ба хосиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо миқдорҳои гуногуни хром намоён таъсир мерасонад. Дар ин ҳолат, потенциалҳои коррозия, питтингҳосилшавӣ ва репассиватсияи хӯлаҳои таҳқиқшударо паиҳам ба самти қиматҳои манфӣ майл менамоянд. Вобастагии мазкур дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ чой дорад (ҷадвали 2).

Ҷадвали 2 – Хосиятҳои коррозсионӣ-электрохимиявии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо хром, дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ

Муҳит	Иловаҳои Cr дар хӯла, %-и вазн	Потенциалҳои электрохимиявӣ, В (э.х.н.)				Суръати коррозия	
		-E _{корр.оз.}	-E _{корр.}	-E _{п.х.}	-E _{реп.}	$i_{корр.} \cdot 10^2$	$K \cdot 10^3$
						A/м ²	г/м ² · ч
0.01Н HCl	0.0	1.110	1.118	0.980	0.995	0.154	1.87
	0.01	1.135	1.141	1.012	1.022	0.062	0.75
	0.05	1.150	1.152	1.018	1.027	0.063	0.77
	0.1	1.173	1.180	1.028	1.033	0.076	0.93
	0.5	1.195	1.200	1.041	1.047	0.086	1.02
	1.0	1.207	1.215	1.056	1.063	0.091	1.11
0.3% NaCl	0.0	1.007	1.016	0.760	0.766	0.050	0.61
	0.01	0.983	0.990	0.748	0.757	0.018	0.22
	0.05	0.975	0.978	0.740	0.743	0.016	0.20
	0.1	0.960	0.960	0.928	0.933	0.022	0.26
	0.5	1.013	1.018	0.775	0.781	0.029	0.35
	1.0	1.025	1.032	0.785	0.790	0.030	0.36
0.01Н NaOH	0.0	1.048	1.058	0.892	0.900	0.127	1.55
	0.01	1.068	1.070	0.902	0.907	0.052	0.63
	0.05	1.093	1.105	0.922	0.937	0.055	0.67
	0.1	1.107	1.112	0.963	0.972	0.066	0.80
	0.5	1.134	1.146	1.041	1.057	0.070	0.85
	1.0	1.165	1.170	1.066	1.073	0.073	0.89

Потенциалҳои коррозияи озод ва питтингҳосилшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда бо афзоиши концентратсияи хром, манган ва молибден (то 1.0%-и вазн) дар хӯлаи руҳ Zn0.5Al дар муҳитҳои кислотагӣ ва ишқорӣ ба самти манфӣ майл менамоянд. Иловаҳои хром ва молибден (0.01-0.5% вазн) қобилияти майлдиҳии потенциалҳои мазкури хӯлаи руҳ Zn0.5Al -ро дар муҳити нейтралӣ ба самти қиматҳои мусбӣ зоҳир менамоянд. Ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо бо манган ба хром потенциалҳои коррозияи озод ва питтингҳосилшавии хӯлаҳо дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ кам мешаванд, вале ба хӯлаҳо бо молибден дубора афзоиш меёбанд (ҷадвалҳои 3-5).

Чадвали 3 – Потенциалҳои (э.х.н.) коррозияи озод ва питтингҳосилшавии хӯлаи рух Zn0.5Al бо хром, манган ва молибден дар муҳити кислотагӣ

Муҳит	Иловаи Cr дар хӯла, %-и вазн	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}	Иловаи Mn дар хӯла, %-и вазн	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}	Иловаи Mo дар хӯла, %-и вазн	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}
		B			B			B	
0.001н HCl	0.0	1.045	0.912	0.0	1.045	0.912	0.0	1.045	0.912
	0.01	1.068	0.949	0.01	1.076	0.960	0.01	1.057	0.928
	0.1	1.091	0.970	0.1	1.103	0.981	0.1	1.079	0.952
	0.5	1.113	0.978	0.5	1.121	0.995	0.5	1.093	0.968
	1.0	1.135	0.987	1.0	1.145	1.007	1.0	1.108	0.975
0.01н HCl	0.0	1.110	0.980	0.0	1.110	0.980	0.0	1.110	0.980
	0.01	1.135	1.012	0.01	1.146	1.020	0.01	1.124	0.992
	0.1	1.173	1.028	0.1	1.183	1.041	0.1	1.147	1.010
	0.5	1.195	1.041	0.5	1.200	1.050	0.5	1.165	1.018
	1.0	1.207	1.056	1.0	1.217	1.066	1.0	1.174	1.026
0.1н HCl	0.0	1.190	1.030	0.0	1.190	1.030	0.0	1.190	1.030
	0.01	1.226	1.063	0.01	1.237	1.070	0.01	1.204	1.040
	0.1	1.245	1.073	0.1	1.255	1.083	0.1	1.215	1.053
	0.5	1.261	1.088	0.5	1.281	1.098	0.5	1.237	1.068
	1.0	1.265	1.090	1.0	1.290	1.005	1.0	1.244	1.075

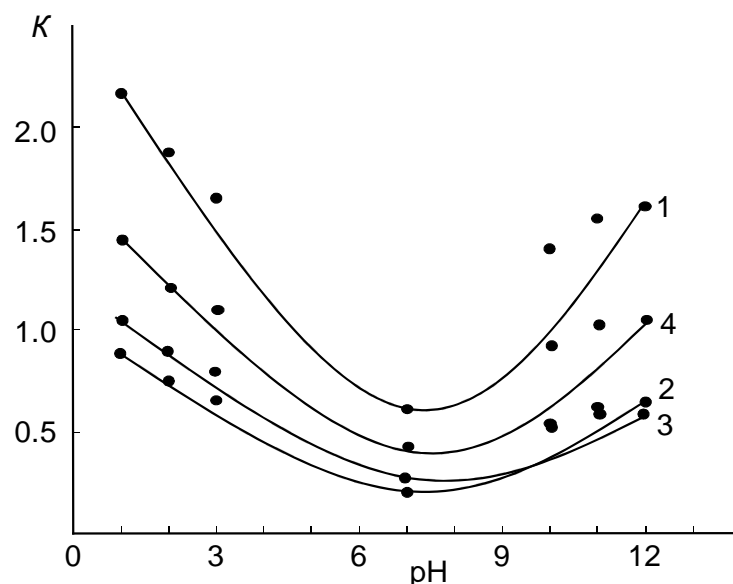
Чадвали 4 – Потенциалҳои (э.х.н.) коррозияи озод ва питтингҳосилшавии хӯлаи рух Zn0.5Al бо хром, манган ва молибден дар муҳити нейтралӣ

Муҳит	Иловаи Cr дар хӯла, %-и вазн	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}	Иловаи Mn дар хӯла, %-и вазн	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}	Иловаи Mo дар хӯла, %-и вазн	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}
		B			B			B	
0.03% NaCl	0.0	0.960	0.745	0.0	0.960	0.745	0.0	0.960	0.745
	0.01	0.945	0.737	0.01	0.975	0.755	0.01	0.922	0.738
	0.1	0.915	0.721	0.1	0.998	0.774	0.1	0.900	0.700
	0.5	0.970	0.755	0.5	1.005	0.786	0.5	0.953	0.740
	1.0	0.985	0.770	1.0	1.012	0.795	1.0	0.957	0.742
0.3% NaCl	0.0	1.007	0.760	0.0	1.007	0.760	0.0	1.007	0.760
	0.01	0.983	0.748	0.01	1.017	0.775	0.01	0.980	0.752
	0.1	0.960	0.928	0.1	1.037	0.797	0.1	0.935	0.745
	0.5	1.013	0.775	0.5	1.043	0.807	0.5	0.989	0.760
	1.0	1.025	0.785	1.0	1.055	0.815	1.0	1.000	0.770
3% NaCl	0.0	1.070	0.779	0.0	1.070	0.779	0.0	1.070	0.779
	0.01	1.033	0.765	0.01	1.085	0.791	0.01	1.039	0.764
	0.1	1.010	0.740	0.1	1.105	0.805	0.1	0.991	0.718
	0.5	1.073	0.785	0.5	1.113	0.811	0.5	1.058	0.805
	1.0	1.086	0.795	1.0	1.127	0.820	1.0	1.063	0.820

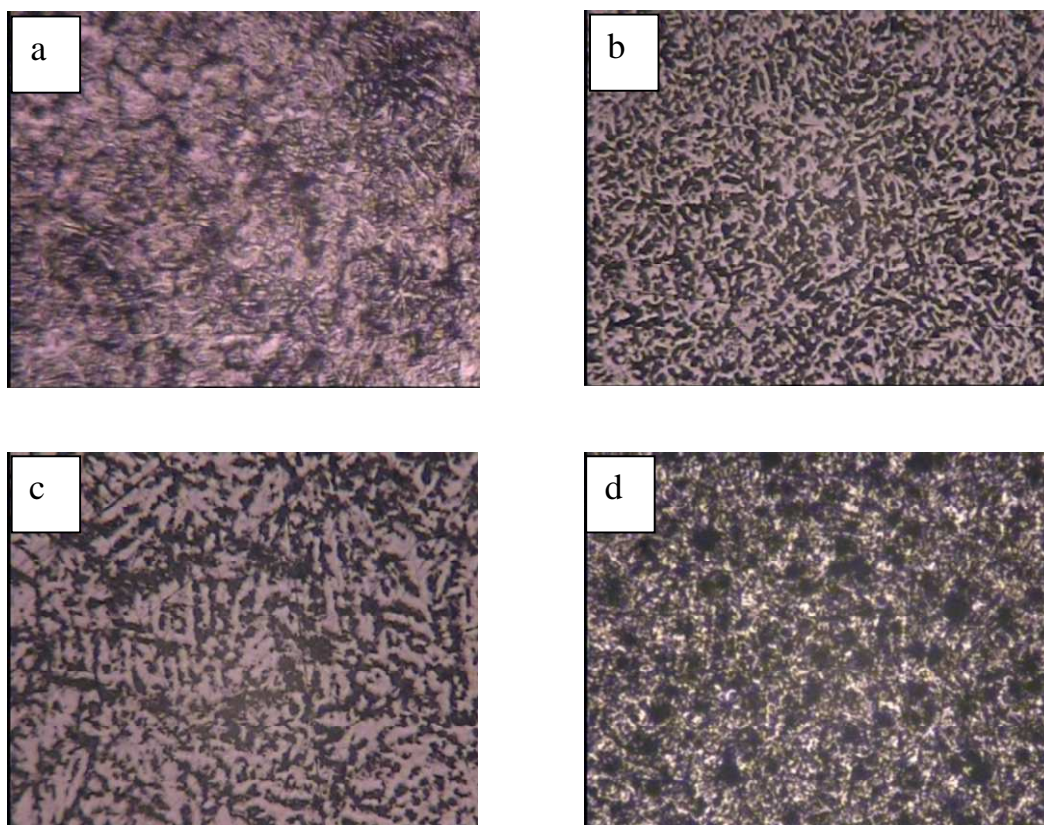
Чадвали 5 – Потенциалҳои (э.х.н.) коррозияи озод ва питтингҳосилшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо хром, манган ва молибден дар муҳити ишқорӣ

Муҳит	Иловаи Cr дар хӯла, % -и вазнӣ	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}	Иловаи Mn дар хӯла, % -и вазнӣ	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}	Иловаи Mo дар хӯла, % -и вазнӣ	-E _{кор.оз}	-E _{п.х.}
		B			B			B	
0.001н NaOH	0.0	1.025	0.845	0.0	1.025	0.845	0.0	1.025	0.845
	0.01	1.042	0.871	0.01	1.058	0.887	0.01	1.034	0.863
	0.05	1.060	0.895	0.05	1.076	0.911	0.05	1.052	0.887
	0.1	1.085	0.910	0.1	1.101	0.926	0.1	1.077	0.902
	0.5	1.114	0.942	0.5	1.130	0.958	0.5	1.106	0.934
	1.0	1.137	0.963	1.0	1.153	0.979	1.0	1.129	0.955
0.01н NaOH	0.0	1.048	0.892	0.0	1.048	0.892	0.0	1.048	0.892
	0.01	1.068	0.902	0.01	1.084	1.008	0.01	1.060	0.900
	0.05	1.093	0.922	0.05	1.009	0.938	0.05	1.085	0.914
	0.1	1.107	0.963	0.1	1.123	0.979	0.1	1.099	0.955
	0.5	1.134	1.041	0.5	1.150	1.057	0.5	1.126	1.032
	1.0	1.165	1.066	1.0	1.181	1.082	1.0	1.157	1.058
0.1н NaOH	0.0	1.210	0.920	0.0	1.210	0.920	0.0	1.210	0.920
	0.01	1.218	0.938	0.01	1.234	0.954	0.01	1.215	0.930
	0.05	1.222	0.985	0.05	1.238	1.001	0.05	1.219	0.967
	0.1	1.245	1.017	0.1	1.261	1.033	0.1	1.238	0.989
	0.5	1.277	1.097	0.5	1.293	1.013	0.5	1.269	1.000
	1.0	1.284	1.121	1.0	1.300	1.137	1.0	1.276	1.110

Иловаҳои чавҳаронии (0.01-0.1% вазн) хром, манган ва молибден суръати коррозияи хӯлаи руҳ Zn0.5Al –ро дар муҳитҳои кислотагӣ, нейтралӣ ва ишқорӣ ҳангоми қиматҳои гуногуни рН-и муҳит 2-3 маротиба кам менамоянд. Афзоиши консентратсияи хлорид ва гидроксид-ионҳо дар электролитҳои HCl ва NaOH ба афзоиши суръати коррозияи хӯлаҳои анодӣ оварда мерасонанд. Натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири рН-и муҳит ба суръати коррозияи хӯлаҳои таҳқиқшуда шаҳодат медиҳанд, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо хром чавҳаронидашуда ба хӯлаҳои бо манган сараввал суръати коррозия андаке зиёд гардида, баъдан ба хӯлаҳои бо молибден чавҳаронидашуда ин бузургӣ аз нав кам мешавад. Қимати минималии суръати коррозияи хӯлаи Zn0.5Al бо хром, манган ва молибден дар фосилаи рН = 3÷10 қайд карда шудааст (расми 3). Вобастагии ҳосилнамуда бо тағйирёбии микросохтори хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо микдорҳои гуногуни хром, манган ва молибден, ки дар микроскопи муносири ERGOLUX AMC ҳангоми ×500 аксбардорӣ шудааст, хуб мутобиқат менамояд (расми 4).



Расми 3 - Вобастагии суръати коррозияи $K \cdot 10^3$ ($\text{г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$) хӯлаи руҳ $\text{Zn}_{0.5}\text{Al}$ (1), ки алоҳида 0.01%-и вазн хром (2), манган (4) ва молибден (3) дорад, аз pH-и муҳит



Расми 4 – Микросохтори ($\times 500$) хӯлаи руҳ $\text{Zn}_{0.5}\text{Al}$ (a), ки алоҳида 0.1%-и вазн хром (b), манган (c) ва молибден (d) дорад

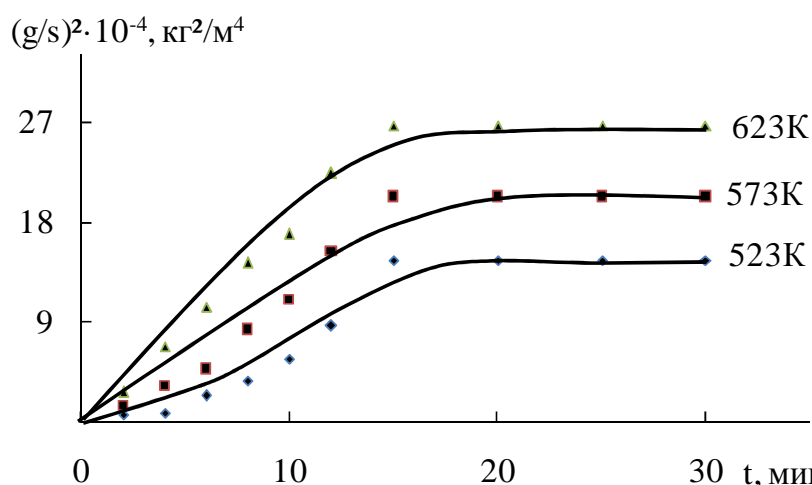
Таҳқиқоти микросохтори намунаҳои хӯлаҳои ҳосилнамуда нишон дод, ки иловаҳои хром, манган ва молибден таъсири дигаргункунии сохтори хӯлаи руҳ $\text{Zn}_{0.5}\text{Al}$ –ро ба амал меорад, ки ба хурдкунии андозаҳои донаҳои маҳлулҳои саҳти Zn дар Al ($\alpha\text{-Al}$) ва Al дар Zn ($\gamma\text{-Zn}$) оварда мерасонад (расми 4).

БОБИ 3. ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ РУҶ $Zn_{0.5}Al$, КИ БО ХРОМ, МАНГАН ВА МОЛИБДЕН ҶАВҲАРОНИДАШУДА, ДАР ҲОЛАТИ САХТ

Оксидшавии хӯлаҳоро дар ҳолати сахт бо усули термогравиметрӣ омӯхтем. Таҳқиқот дар дастгоҳе, ки аз кӯраи муқовимати карбонӣ бо чилдпушонӣ аз оксиди алюминий иборат аст, гузаронида шуд. Барои сохтани атмосфераи назоратӣ қисми болоии охири чилд бо сарпӯши обхунуккунанда маҳкам карда мешавад, ки дорои суроҳӣ барои найчаи газгузарон, термopараҳо ва бӯта бо хӯлаи таҳқиқшаванда овезон ба ноқили платинагӣ бо фанар аз ноқили молибденӣ дорад. Тағйирёбии вазни хӯлаҳоро бо ёзандагии фанар тавассути катетометр КМ-8 қайд намудем. Бӯтаҳо бо қутри 18-20 мм ва баландии 25-26 мм пеш аз таҳқиқот дар ҳарорати 1000-1200 °С дар муҳити оксигенӣ то вазни доимӣ тафсонии дода шуд. Пас аз интиҳои таҳқиқот системаро хунук намуда, бӯтаро бо намунаи хӯлаҳо баркашида, сатҳи реаксионии онро муайян намудем. Баъдан пардаи оксидии ҳосилшударо аз сатҳи намуна ҷудо намуда, онро бо усули таҳлили рентгенофазавӣ омӯхтем. Таҳлили рентгенофазавиро дар дифрактометри ДРОН-3.0 гузаронида, дифрактограммаҳоро бошад бо истифода аз K_{α} -нурафкани мисӣ аксбардорӣ намудем.

Барои таҳқиқоти раванди оксидшавӣ намунаҳои хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудааст, дар ҳудуди 0.01-1.0% вазн ҳосил намудем. Барои омӯзиши кинетикаи оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо дар муҳити ҳаво афзоиши вазнҳои хоси намунаро дар натиҷаи афзудани пардаи оксидӣ аз рӯйи вақт ҳангоми ҳароратҳои 523, 573 ва 623 К чен намудем. Суръати ҳақиқии оксидшавиро бо расиши аз саршавии меҳвар ба қачхатта аз рӯйи муодилаи: $K = g/s \cdot \Delta t$ ва қимати энергияи самараноки фаълшавии раванди оксидшавии баландҳароратиро бошад, аз рӯйи тангенс кунҷи майлони рост вобаста аз $\lg K - 1/T$ ҳисоб намудем.

Қачхатҳои кинетикии мураббаъи раванди оксидшавӣ, ки дар расми 5 оварда шудааст, дар мисоли хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$ бо 1.0%-и вазн хром нишон медиҳанд, ки раванди оксидшавӣ дар марҳилаҳои аввал хатшакл гузашта, баъдан дар 12-15 дақиқа бошад аз рӯйи қонуниятҳои гипербола мегузарад, ки аз ин бавучудоии пардаи оксидии муҳофизатӣ шаҳодат медиҳад, ки зимни баҳамтаъсирот бо оксигени ҳаво дар 15 дақиқа ба анҷом мерасад. Самти қачхатҳои кинетикӣ хусусияти гиперболии механизми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшавандаро ишора менамояд. Ба ин, хусусияти хати рост набудани қачхатҳо дар меҳвари $(g/s)^2-t$ (расми 5), инчунин вобастагҳои аналитикии $y = Kt^n$, дар ин ҷо $n = 2 \div 5$ шаҳодат медиҳанд (ҷадвали 6). Қимати суръати ҳақиқии оксидшавии хӯлаи руҳ $Zn_{0.5}Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудааст ва аз қачхатҳои кинетикӣ ҳисобкунӣ шудааст дар мисоли хӯлаҳо бо хром дар вобастагӣ аз ҳарорат ва таркиби хӯлаҳои таҳқиқшуда дар ҷадвали 7 оварда шудааст.



Расми 5 – Качхатҳои мураббаи кинетикии раванди оксидшавии хӯлаи руҳ Zn_{0.5}Al, ки 1.0%-и вазн хром дорад

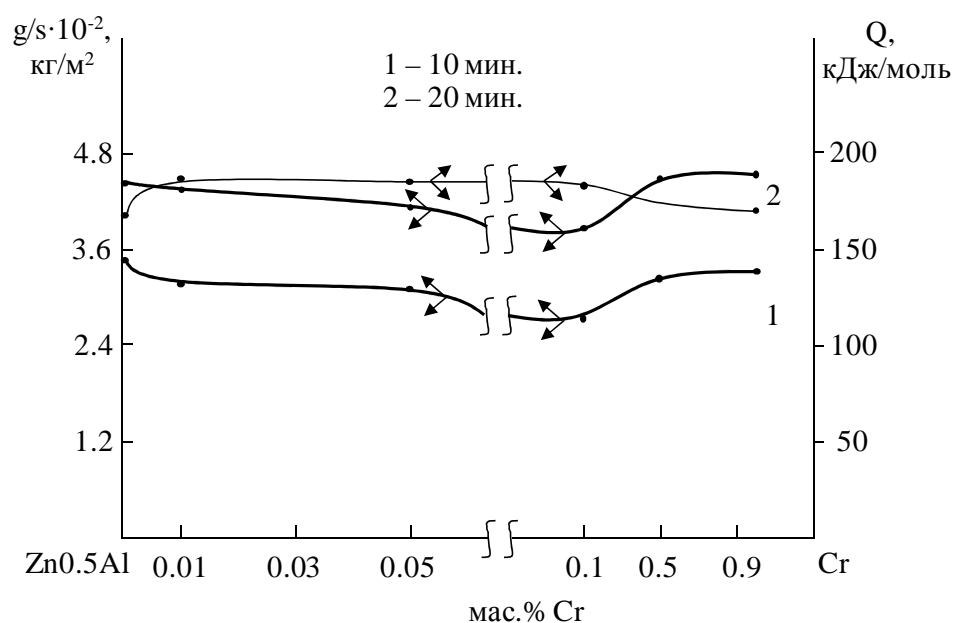
Ҷадвали 6 – Натиҷаҳои коркарди математикии качхатҳои мураббаи кинетикии оксидшавии хӯлаи руҳ Zn_{0.5}Al бо хром, манган ва молибден

Микдори компоненти чавхаронӣ дар хӯла, %-и вазнӣ	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Полиномаҳои качхатҳои мураббаи кинетикии оксидшавии хӯлаҳо	Зариби ҳамгирӣ R
0.0	523	$y = -0.000x^4 - 0.000x^3 + 0.010x^2 - 0.176x$	0.987
	573	$y = -0.000x^4 - 0.001x^3 + 0.020x^2 - 0.471x$	0.985
	623	$y = -0.000x^4 - 0.001x^3 + 0.044x^2 - 0.786x$	0.981
1.0 Cr	523	$y = -0.001x^4 - 0.011x^3 + 0.237x^2 - 0.249x$	0.994
	573	$y = -0.000x^4 - 0.014x^3 + 0.272x^2 - 0.697x$	0.991
	623	$y = -0.000x^4 - 0.018x^3 + 0.303x^2 - 0.905x$	0.988
1.0 Mn	523	$y = -0.001x^4 - 0.022x^3 + 0.258x^2 - 0.265x$	0.989
	573	$y = -0.000x^4 - 0.028x^3 + 0.291x^2 - 0.715x$	0.990
	623	$y = -0.000x^4 - 0.031x^3 + 0.324x^2 - 0.933x$	0.993
1.0 Mo	523	$y = -0.001x^4 - 0.017x^3 + 0.333x^2 - 0.304x$	0.993
	573	$y = -0.000x^4 - 0.019x^3 + 0.342x^2 - 0.738x$	0.990
	623	$y = -0.000x^4 - 0.021x^3 + 0.353x^2 - 0.965x$	0.986

Динамикаи тағйирёбии суръати ҳақиқии оксидшавӣ ва энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшавандаро метавон аз рӯи изохрони оксидшавии хӯлаи руҳ Zn_{0.5}Al бо микдорҳои гуногуни хром, ки дар ҳарорати 573 К мутобиқ ба 10 ва 20 дақиқаҳои раванди оксидшавӣ сохта шудааст, мушоҳида намуд. Качхатҳои раванди оксидшавӣ бо якҷайл камшавии суръати оксидшавӣ ва зиёдшавии энергияи фаъолшавӣ ҳангоми чавхаронии хӯлаи руҳ Zn_{0.5}Al бо хром ва молибден (0.01-0.1% вазн) тавсифонида мешаванд. Иловаҳои манган дар ҳудуди 0.01-1.0%-и вазн начандон оксидшавии хӯлаи руҳ Zn_{0.5}Al -ро зиёд менамоянд (расми 6).

Ҷадвали 7– Нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо хром, дар ҳолати саҳт

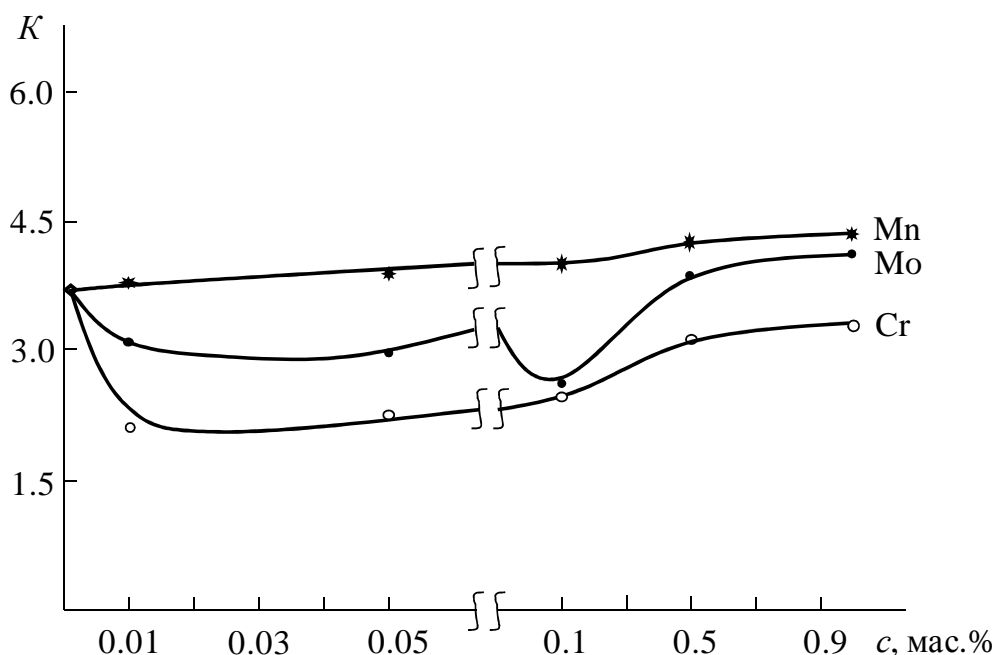
Иловаҳои Cr дар хӯла, %-и вазн	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Суръати ҳақиқии оксидшавӣ ($K, 10^{-4}$), $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$	Энергияи самараноки фаъолшавӣ, кҶ/мол
0.0	523	3.68	168.4
	573	3.91	
	623	4.11	
0.01	523	2.16	187.7
	573	2.45	
	623	2.60	
0.05	523	2.25	185.2
	573	2.56	
	623	2.71	
0.1	523	2.46	181.0
	573	2.75	
	623	2.91	
0.5	523	3.13	176.5
	573	3.27	
	623	3.58	
1.0	523	3.28	172.4
	573	3.42	
	623	3.73	



Расми 6 – Изохронаҳои оксидшавии (573 К) хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо хром

Барои таҳлили муқоисавӣ дар намуди ҷамъбандӣ натиҷаҳои таҳқиқоти таъсири иловаҳои хром, манган ва молибден ба нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al дар расми 7 ва ҷадвали 8 оварда шудааст. Дида мешавад, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо хром

чавҳаронидашуда ба хӯлаҳо бо молибден, баъдан ба хӯлаҳо бо манган афзоиши суръати ҳақиқии оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда мушоҳида мегардад, ки ба камшавии энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавӣ мусоид аст (расми 7, ҷадвали 8).



Расми 7 – Вобастагии муқоисавии тағйирёбии суръати оксидшавии (K , 10^{-4} , $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сек}^{-1}$) хӯлаи руҳ $\text{Zn}_{0.5}\text{Al}$ аз миқдори хром, манган ва молибден ҳангоми ҳарорати 523 К

Ҷадвали 8 – Вобастагии муқоисавии энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавии хӯлаи $\text{Zn}_{0.5}\text{Al}$ аз миқдори хром, манган ва молибден

Ҳарорати оксидшавӣ, К	Компоненти чавҳаронии хӯла	Энергияи самараноки фаъолшавӣ, кҶ/мол					
		Миқдори иловаҳо дар хӯла, %-и вазн					
		-	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0
523 573 623	-	168.4	-	-	-	-	-
	Cr	-	187.7	185.2	181.0	176.5	172.4
	Mn	-	161.8	159.0	154.5	150.7	147.3
	Mo	-	175.2	178.7	183.5	160.3	148.6

Дар мақсад, бо усули термогравиметрӣ баҳамтаъсиrotи хӯлаи руҳ $\text{Zn}_{0.5}\text{Al}$, ки бо хром, манган ва молибден чавҳаронида шудааст, бо оксигени ҳаво ҳангоми ҳароратҳои 523, 573 и 623 К дар ҳолати саҳт таҳқиқот шудааст. Нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаҳо муайян карда шудааст. Аниқ карда шудааст, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда оксидҳои ZnO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , Mo_2O_3 , $\text{ZnO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ ва $\text{ZnO}\cdot\text{Mo}_2\text{O}_3$ ба вуҷуд меоянд. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои хром ва молибден дар фосилаи консентратсионии 0.01-0.1%-и вазн оксидшавии хӯлаи руҳ $\text{Zn}_{0.5}\text{Al}$ –ро намоён кам менамоянд.

ХУЛОСАҶО

Натиҷаҳои асосии илмӣ диссертатсия:

1. Бо усули потенциостатики таҳқиқот дар речаи потенциодинамикӣ (суръати тобиши потенциал 2 мВ/с) дар муҳитҳои кислотагӣ (рН=1: 0.1н, 2: 0.01н, 3: 0.001н), нейтралӣ (рН=7: 3%, 0.3%, 0.03%) ва ишқории (рН=10: 0.001н, 11: 0.01н, 12: 0.1н) электролитҳои HCl, NaCl ва NaOH аниқ карда шудааст, ки иловаҳои хром, манган ва молибден ба миқдори концентратсияҳои 0.01-0.1% вазн суръати коррозияи хӯлаи руҳ Zn0.5Al –ро 2-3 маротиба кам менамоянд. Дар ин вақт майлдиҳии потенциалҳои коррозия, питтингҳосилшавӣ ва репассиватсияи хӯлаҳо ба самти қиматҳои манфӣ мушоҳида мегардад. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми гузариш аз хӯлаҳои бо хром ҷавҳаронидашуда ба хӯлаҳо бо молибден суръати коррозия кам гардида, баъдан ба хӯлаҳо бо манган начандон зиёд мешавад. Аниқ карда шудааст, ки баландшавии устувории анодии хӯлаи руҳ Zn0.5Al ҳангоми ҷавҳаронидани он бо хром, манган ва молибден дар фосилаи рН-и муҳити коррозия аз 3 то 10 ноил мегардад. Дар байни металлҳои ҷавҳаронӣ хром ва молибден бештар самаранок устувории хӯлаи анодии Zn0.5Al –ро ба коррозия баланд менамоянд [1, 2, 5, 7-М].

2. Бо усули термогравиметрӣ баҳамтаъсироти хӯлаи руҳ Zn0.5Al, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронида шудааст, бо оксигени ҳаво дар ҳудуди ҳарорати 523-623 К ва ҳолати сахт таҳқиқ шудааст. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои хром ва молибден дар ҳудуди 0.01-0.1% вазн оксидшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al –ро намоён кам менамоянд ва ба онҳо қимати максималии энергияи самараноки фаъолшавӣ рост меояд. Иловаҳои 0.01-1.0% вазн манган майл ба оксидшавии хӯлаи руҳро начандон зиёд менамоянд. Аниқ карда шудааст, ки механизми оксидшавии хӯлаҳо ба вобастагии гипербола ба суръати ҳақиқии тартиби 10^{-4} итбат менамояд. Маълум карда шудааст, ки барои устуворнокии рӯйпӯшҳои муҳофизатии маснуоти пӯлодии карбондор ба оксидшавӣ бештар хӯлаи Zn0.5Al, ки алоҳида 0.01, 0.05 ва 0.1% вазн хром ва молибден дорад, ояндадор ҳисобида мешавад [3, 4, 6, 8-М].

3. Бо усули рентгенофазавии таҳлил таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо миқдорҳои гуногуни хром, манган ва молибден ва нақши онҳо дар раванди коррозияи аниқ карда шудааст. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшуда оксидҳои ZnO, Al₂O₃, Cr₂O₃, Mn₂O₃, Mo₂O₃, ZnO·Cr₂O₃ ва ZnO·Mo₂O₃ ба вучуд меоянд [3, 4, 6, 8-М].

4. Бо усули металогрaфӣ микросохторҳои хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо хром, манган ва молибден таҳқиқ шудааст. Нишон дода шудааст, ки иловаҳои компоненти ҷавҳаронӣ таъсироти дигаргункунӣ сохтори хӯлаи руҳ Zn0.5Al –ро ба амал меорад, ки ба хурдшавии андозаҳои донаҳои маҳлулҳои саҳти руҳ дар алюминий (α -Al) ва алюминий дар руҳ (γ -Zn) оварда мерасонад. Бо афзоиши компоненти ҷавҳаронӣ (Cr, Mn, Mo) дар намунаҳои хӯлаҳо курашаклии маҳлули сахт мушоҳида мегардад. Маълум карда шудааст, ки хром ва молибден сохтори хӯлаи руҳ Zn0.5Al –ро намоён хурд менамоянд. Хӯлае, ки манган дорад, нисбат ба хӯлаи аввалия сохтори хурддонагӣ дорад. Таркиби оптималии хӯлаҳои нави ба коррозия устувори коркардшуда ҳамчун

рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ ва протекторҳо бо Нахустпатенти Ҷумҳурии Тоҷикистон № ТҶ 1028 ҳифз карда шудааст [9-М].

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо:

– натиҷаҳои таҳқиқот барои мутахассисони соҳаи коррозия ва муҳофизати металлҳо, галванотехника, металлургия, инчунин маводшиносон ва коргарони истеҳсолот, ки ба масъалаҳои муҳофизати конструкцияҳои металлӣ ва таҷҳизотҳо аз вайроншавии коррозсионӣ машғуланд, тавсия мешаванд;
– таркибҳои оптималии коркарднамудаи хӯлаҳои нави $Zn_{0.5}Al$ бо хром, манган ва молибден ба сифати рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ ва протекторҳо барои баландбардории устуворӣ ба коррозия ва зиёдкунии муҳлати хизмати маснуот, иншоот ва конструкцияҳои пӯлодии карбондор тавсия мешаванд [1–9-М].

**ФЕҲРИСТИ ИНТИШОРОТИ ИЛМИИ ДОВТАЛАБИ ДАРЁФТИ
ДАРАҶАИ ИЛМӢ АЗ РӮӢИ МАВЗӢИ ДИССЕРТАТСИЯ**

*Мақолаҳои дар маҷаллаҳои илмӣ тавсиянамудаи КОА-и назди
Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон нашршуда:*

[1-М]. **Иброхимов, П.Р.** Анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного молибденом, в кислой среде / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2019. – № 4 (177). – С. 89-92.

[2-М]. **Иброхимов, П.Р.** Влияние добавок хрома на анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$, в щелочной среде / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2020. – № 1 (178). – С. 49-53.

[3-М]. **Иброхимов, П.Р.** Кинетика окисления сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного молибденом, в твёрдом состоянии / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов // Известия АН Республики Таджикистан. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. наук. – 2020. – № 2 (179). – С. 49-55.

[4-М]. Обидов, З.Р. Кинетика окисления сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного хромом, в твердом состоянии / З.Р. Обидов, **П.Р. Иброхимов**, Ф.А. Рахимов, И.Н. Ганиев // Журнал физической химии. – 2021. – Т. 95. – № 1. – С. 152-154.

Obidov, Z.R. Kinetics of the oxidation of chromium-doped $Zn_{0.5}Al$ alloy in the solid state / Z.R. Obidov, **P.R. Ibrokhimov**, F.A. Rakhimov, I.N. Ganiev // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2021. – Vol. 95. – No. 1. – P. 221-223 (**Scopus**).

Мақолаҳои дар маводҳои конференсияҳо нашршуда:

[5-М]. **Иброхимов, П.Р.** Влияние добавок хрома на коррозионное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$, в нейтральной среде / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов, Ф.А. Рахимов // Сб. матер. Респ. науч.-практ. конф. «Современное состояние химической науки и использование её достижений в народном хозяйстве Республики Таджикистан» - XV Нумановские чтения. Институт химии им. В.И. Никитина АН Республики Таджикистан. – Душанбе. – 2019. – Ч. 1. – С. 227-228.

[6-М]. **Иброхимов, П.Р.** Окисление сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного молибденом / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, З.Р. Обидов // Сб.

матер. Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых». Горно-металлургический институт Таджикистана. – Бустон. – 2019. – С. 43-45.

[7-М]. **Иброхимов, П.Р.** Влияние марганца на анодное поведение сплава $Zn_{0.5}Al$, в кислой среде / П.Р. Иброхимов, Ф.А. Рахимов, И.Н. Ганиев, П.Р. Пулотов, З.Р. Обидов // Конф. Чумх. илмй-амалии «Муаммоҳои физикаи муосир дар раванди саноатикунонии Чумхурии Тоҷикистон». Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи акад. Б. Гафуров. – Хучанд. – 2020. – С. 143-144.

[8-М]. **Иброхимов, П.Р.** Окисление цинкового сплава $Zn_{0.5}Al$, легированного марганцем / П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Сб. матер. Респ. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы естественных наук и технологий». Российско-Таджикский (Славянский) университет. – Душанбе. – 2020. – С. 116-117.

Ихтироот:

[9-М]. Малый патент Республики Таджикистан № ТД 1028. Цинк-алюминиевый сплав / **П.Р. Иброхимов**; заявитель и патентообладатель: П.Р. Иброхимов, З.Р. Обидов, И.Н. Ганиев, Ф.А. Рахимов, Р.У. Нематуллоев / № 1901292; заявл. 28.03.19, опубл. 10.10.19, бюл. 153, 2019. – 3 с.

АННОТАТСИЯИ

диссертатсияи Иброҳимов Пайрав Рустамович дар мавзӯи «Рафтори анодӣ ва оксидшавии хӯлаи рух $Zn_{0.5}Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронидашуда», барои дарёфти дараҷаи илмии номзади илмҳои техникӣ аз рӯйи ихтисосҳои 05.17.03 – Технологияи равандҳои электрохимиявӣ ва муҳофизат аз коррозия, 05.02.01 – Маводшиносӣ (дар мошинсозӣ)

Калимаҳои калидӣ: хӯлаи рух $Zn_{0.5}Al$, хром, манган, молибден, усулҳои потенциостатикӣ ва термогравиметрӣ, таҳлилҳои микрорентгеноспектралӣ, рентгенофазавӣ ва металлографӣ, нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ, pH –и муҳит, кинетикаи оксидшавӣ, суръати коррозия, рафтори анодии хӯлаҳо.

Мақсади таҳқиқот ин омӯзиши рафтори анодӣ ва оксидшавии хӯлаи рух $Zn_{0.5}Al$, ки бо хром, манган ва молибден ҷавҳаронидашуда, дар муҳитҳои гуногуни коррозсионӣ ва коркарди таркиби оптималии намунаҳои хӯлаҳо, ки ба сифати рӯйпӯшҳои анодӣ ва протекторҳо барои муҳофизати маснуот, конструксияҳо ва иншооти пӯлодии карбондор аз вайроншавии коррозсионӣ ва эрозионӣ тавсия мешаванд, мебошад.

Объекти таҳқиқот – руҳи тамғаи ХТ(гранулшакл), алюминийи тамғаи А7 ва лигатураи он бо хром (тамғаи ХТ), манган ва молибден (тамғаҳои ТМ) (2% Cr, Mn, Mo).

Усулҳои таҳқиқот, дастгоҳҳои истифодашуда. Таҳқиқот бо усулҳои микрорентгеноспектралӣ (микроскопи тасвирбардори электронии SEM навъи AIS 2100), потенциостатикӣ (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографӣ (микроскопи ERGOLUX АМС), рентгенофазавӣ (ДРОН-3.0) ва термогравиметрӣ гузаронида шудааст.

Натиҷаҳои ҳосилнамуда ва навгониҳои он. Аниқ карда шудааст, ки иловаҳои хром, манган ва молибден дар ҳудуди 0.01-0.1%-и вазн устувории коррозсионии хӯлаи рух $Zn_{0.5}Al$ -ро 2-3 маротиба баланд менамоянд, ки ҳангоми муҳофизати анодӣ ва протектории маснуот ва конструксияҳои пӯлодии карбондор аз коррозия истифода мешаванд. Майлдиҳии потенциалҳои коррозия, пitting-ҳосилшавӣ ва репассиватсияи хӯлаҳо ба самти қиматҳои манфӣ қайд карда шудааст. Майлдиҳии потенциалҳои коррозсионӣ-электрохимиявӣ ба самти қиматҳои мусбӣ барои хӯлаҳо бо хром ва молибден дар муҳити нейтралӣ ҷой дорад. Нишон дода шудааст, ки механизми оксидшавии хӯлаҳои системаҳои $Zn_{0.5}Al-Cr$ (Mn, Mo) дар ҳолати саҳт ба қонуниятҳои расман-кинетикии афзоиши пардаи оксидии муҳофизатӣ – гипербола иттиҳос менамоянд. Бо афзоиши ҳарорат ва миқдори хром ва молибден (0.01-0.1%-и вазн) дар хӯлаи рух $Zn_{0.5}Al$ оксидшавии хӯлаҳо намоён кам мешавад. Иловаҳои манган 0.01-1.0%-и вазн наҷандон оксидшавии хӯлаи рух $Zn_{0.5}Al$ -ро зиёд менамояд. Энергияи самараноки фаъолшавии раванди оксидшавии хӯлаҳо ҳангоми гузариш аз хӯлаҳо бо манган ба хӯлаҳо бо молибден, баъдан ба хӯлаҳо бо хром зиёд мешавад. Муайян карда шудааст, ки маҳсули коррозияи хӯлаҳои таҳқиқшуда аз омехтаи пардаҳои оксидҳои муҳофизатии – ZnO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , Mo_2O_3 , $ZnO \cdot Cr_2O_3$ ва $ZnO \cdot Mo_2O_3$ иборат аст.

Тавсияҳо оид ба истифодаи амалии натиҷаҳо: натиҷаҳои таҳқиқот барои мутахассисони соҳаи коррозия ва муҳофизати металлҳо, галванотехника, металлургия, инчунин маводшиносон ва коргарони истеҳсолот, ки ба масъалаҳои муҳофизати конструксияҳои металлӣ ва таҷҳизотҳо аз вайроншавии коррозсионӣ машғуланд, тавсия мешаванд; таркибҳои оптималии коркарднамудаи хӯлаҳои нави $Zn_{0.5}Al$ бо хром, манган ва молибден ба сифати рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ ва протекторҳо барои баландбардории устуворӣ ба коррозия ва зиёдкунии муҳлати хизмати маснуот, иншоот ва конструксияҳои пӯлодии карбондор тавсия мешаванд.

Соҳаи истифодабарӣ: галванотехника, металлургия, мошинсозӣ, саноати сохтмон ва химиявии нафт.

АННОТАЦИЯ

диссертации Иброхимова Пайрава Рустамовича на тему
«Анодное поведение и окисление цинкового сплава Zn0.5Al,
легированного хромом, марганцем и молибденом», представленной
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям
05.17.03 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии,
05.02.01 – Материаловедение (в машиностроении)

Ключевые слова: цинковый сплав Zn0.5Al, хром, марганец, молибден, потенциостатический и термогравиметрический методы, микрорентгеноспектральный, металлографический и рентгенофазовый анализ, кинетические и энергетические параметры, pH среды, кинетика окисления, скорость коррозии, анодное поведение сплавов.

Целью исследования является изучение анодного поведения и окисления цинкового сплава Zn0.5Al, легированного хромом, марганцем и молибденом в различных коррозионных средах и разработка оптимального состава образцов сплавов, которые предназначены в качестве анодных покрытий и литых протекторов для защиты углеродистых стальных изделий, конструкций и сооружений от коррозионного или эрозионного разрушения.

Объекты исследования – цинк марки ХЧ (гранулированный), алюминий марки А7 и его лигатуры с хромом (марки ХЧ), марганцем и молибденом (марок МЧ) (по 2% Cr, Mn, Mo).

Методы исследования, использованная аппаратура. Исследования проводились микрорентгеноспектральным (сканирующий электронный микроскоп SEM серии AIS 2100), потенциостатическим (потенциостат ПИ-50.1.1), металлографическим (микроскоп ERGOLUX AMC), рентгенофазовым (ДРОН-3.0) и термогравиметрическими методами.

Полученные результаты и их новизна. Установлено, что добавки хрома, марганца и молибдена в пределах 0.01-0.1 мас.% в 2–3 раза повышают коррозионную стойкость цинкового сплава Zn0.5Al, используемые при анодной и протекторной защите от коррозии изделия и конструкция из углеродистой стали. Наблюдается смещение потенциалов коррозии, питтингообразования и репассивации сплавов в область отрицательных значений. Смещение коррозионно-электрохимических потенциалов в сторону положительных значений имеет место в нейтральной среде для сплавов с хромом и молибденом. Показано, что механизм окисления сплавов систем Zn0.5Al-Cr (Mn, Mo), в твёрдом состоянии подчиняются формально-кинетическому закону роста оксидной защитной плёнки – гиперболе. С повышением температуры и содержания хрома и молибдена (0.01-0.1 мас.%) в цинковом сплаве Zn0.5Al окисляемость сплавов заметно уменьшается. Добавки марганца 0.01-1.0 мас.% несколько повышает окисляемость цинкового сплава Zn0.5Al. Эффективная энергия активации процесса окисления сплавов при переходе от сплавов с марганцем к сплавам с молибденом, далее к сплавам с хромом увеличивается. Определено, что продукты коррозии исследованных сплавов состоят из смеси защитных оксидных плёнок – ZnO, Al₂O₃, Cr₂O₃, Mn₂O₃, Mo₂O₃, ZnO·Cr₂O₃ и ZnO·Mo₂O₃.

Рекомендации по практическому использованию результатов: результаты исследования рекомендуются для специалистов в области коррозии и защиты металлов, гальванотехнике, металлургии, а также материаловедов и производителей, занимающихся проблемами защиты металлических конструкций и оборудования от коррозионного разрушения; разработанные оптимальные составы новых сплавов Zn0.5Al с хромом, марганцем и молибденом рекомендуются в качестве анодных защитных покрытий и литых протекторов для повышения коррозионной стойкости и увеличения срока службы изделия, сооружения и конструкция из углеродистой стали.

Область применения: гальванотехника, металлургия, машиностроение, нефтехимическая и строительная промышленность.

ANNOTATION

of the dissertation of Ibrohimov Payrav Rustamovich on theme «Anode behavior and oxidation of zinc Zn_{0.5}Al alloy, doped with chrome, manganese and molybdenum», presented for the degree of candidate of technical science in the specialties 05.17.03 – Technology of electrochemical processes and protection against corrosion, 05.02.01 - Materials science (in mechanical engineering)

Key words: Zn_{0.5}Al alloy zinc, chrome, manganese, molybdenum, potentiostatical and thermogravimetical methods, micro X-ray spectral, metallographic and X-ray phase analysis, kinetic and energetic parameters, pH mediums, oxidation kinetics, corrosion rate, anode behavior alloys.

The work purpose consists in research of anode behaviour and oxidation of the zinc alloy Zn_{0.5}Al alloyed by chrome, manganese and molybdenum in various corrosion environments and working out of optimum structure of samples of alloys which are intended as anode coverings and cast protectors for protection of carbonaceous steel products, designs and constructions against corrosion or erosive destruction.

Objects of research – Zinc of mark ChC (granulated), aluminium of mark A7 and its ligature with chrome (mark ChC), manganese and molybdenum (marks CM) (on 2 % Cr, Mn, Mo).

Research methods, used equipment. Researches were spent micro X-ray spectral (scanning electronic microscope SEM of series AIS 2100), potentiostatical (potentiostat PI-50.1.1), metallographical (microscope ERGOLUX AMC), X-ray phase (DRON-3.0) and thermogravimetical methods.

The results obtained and their novelty. It is established, that additives of chrome, manganese and molybdenum within 0.01-0.1 wt% in 2–3 times raise corrosion firmness of the zinc alloy Zn_{0.5}Al, used at anode and protector to protection against corrosion of a product and a design from a carbonaceous steel. Displacement of potentials of corrosion, pitting formation and repassive alloys in area of negative values is observed. Displacement of corrosion-electrochemical potentials towards positive values takes place in the neutral environment for alloys with chrome and molybdenum. It is shown, that the mechanism of oxidation of alloys of systems Zn_{0.5}Al-Cr (Mn, Mo), in a firm condition submit to the is formal-kinetic law of growth oxidation a protective film – a hyperbole. With rise in temperature and chrome and molybdenum maintenances (0.01-0.1 wt%) in zinc alloy Zn_{0.5}Al oxidability of alloys considerably decreases. Additives of manganese 0.01-1.0 wt % raises oxidability of zinc alloy Zn_{0.5}Al a little. Effective energy of activation of process of oxidation of alloys at transition from alloys with manganese to alloys with molybdenum, further to alloys with chrome increases. It is defined, that products of corrosion of the investigated alloys consist of a mix protective oxides – ZnO, Al₂O₃, Cr₂O₃, Mn₂O₃, Mo₂O₃, ZnO·Cr₂O₃ and ZnO·Mo₂O₃.

Recommendations about practical use of results: results of research are recommended for experts in the field of corrosion and protection of metals, galvanotechnics, metallurgy, and also materialoveds and the production workers, dealing with by problems of protection of metal designs and the equipment from corrosion destruction; the developed optimum structures of new alloys Zn_{0.5}Al with chrome, manganese and molybdenum are recommended as anode sheetings and cast protectors for increase of corrosion firmness and increase in service life of a product, a construction and a design from a carbonaceous steel.

Application area: galvanotechnics, metallurgy, mechanical engineering, petrochemical and building industry.

Разрешено в печать 14.10.2020 г., подписано в печать 25.11.2020 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура литературная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 3,0. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии «Донишварон».
734063, г.Душанбе, ул.Амоналная, 3/1

